

Luca Guidetti

Gli elementi dell'esperienza

Studio su Ernst Mach

Quodlibet Studio

Quodlibet Studio
Discipline Filosofiche

Luca Guidetti
Gli elementi dell'esperienza

Studio su Ernst Mach

Quodlibet

Prima edizione: novembre 2021

© 2021 Quodlibet srl

Via Giuseppe e Bartolomeo Mozzi, 23 - 62100 Macerata

www.quodlibet.it

ISBN 978-88-229-0763-9

Discipline filosofiche

Collana diretta da Stefano Besoli

Comitato scientifico: Pedro Manuel dos Santos Alves (Universidade de Lisboa), Vincenzo Costa (Università degli Studi del Molise), Fabrizio Desideri (Università di Firenze), Massimo Ferrari (Università di Torino), Elio Franzini (Università degli Studi di Milano), Douglas Hofstadter (Indiana University), Luca Illetterati (Università di Padova), Roberta Lanfredini (Università di Firenze), Eugenio Mazzarella (Università Federico II di Napoli), Luigi Perissinotto (Università Ca' Foscari di Venezia), Dominique Pradelle (Université Paris-Sorbonne), Frédéric Worms (École normale supérieure – ENS, Paris)

I volumi pubblicati nella collana sono stati sottoposti a procedura di *peer-review*

Volume pubblicato con il contributo di fondi R.F.O. dell'Ateneo di Bologna

Indice

- 9 1. La meccanica degli elementi
1.1. Le basi del pensiero di Mach, p. 9 – 1.2. Le esperienze meccaniche, p. 13 – 1.3. Le conoscenze meccaniche, p. 23 – 1.4. I principi meccanici, p. 38 – 1.5. La meccanica nel suo svolgimento formale e il “principio di economia”, p. 65 – 1.6. I sistemi, la meccanica analitica e il compito dell’economia della scienza. Il confronto con Husserl, p. 75 – 1.7. Il calore e la direzione del tempo, p. 88
- 107 2. Gli elementi e le sensazioni
2.1. Gli elementi tra “proprietà qualitative” e “forme relazionali”, p. 107 – 2.2. I complessi di elementi, p. 113 – 2.3. Le qualità sensibili e la costituzione dell’io, p. 128 – 2.4. La percezione dei colori, p. 143 – 2.5. Le sensazioni di spazio, p. 148 – 2.6. Spazio e movimento, p. 157 – 2.7. Il problema kantiano dell’intuizione spaziale: Mach e Riehl, p. 174
- 181 3. La sensazione di tempo
3.1. La peculiarità della sensazione temporale, p. 181 – 3.2. William James e la percezione dei processi temporali, p. 184 – 3.3. La struttura del flusso temporale, p. 194 – 3.4. Le *Gestalten* spaziali e temporali, p. 203
- 215 Bibliografia
- 235 Indice dei nomi

Elenco delle abbreviazioni

- AS E. Mach, *Beiträge zur Analyse der Empfindungen*, Fischer, Jena 1886; dalla seconda edizione con il titolo: *Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen*, Fischer, Jena 1900; *Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen*, Fischer, Jena 1902³, 1922⁹, ora in *Ernst Mach Studienausgabe*, vol. I, hrsg von G. Wolters, XENOMOI, Berlin 2008, trad. it. di L. Sosis, *L'analisi delle sensazioni e il rapporto fra fisico e psichico*, Feltrinelli, Milano 1975.
- CE E. Mach, *Erkenntnis und Irrtum. Skizzen zur Psychologie der Forschung*, Barth, Leipzig 1905, 1926³, ora in *Ernst Mach Studienausgabe*, vol. II, hrsg. von E. Nemeth und F. Stadler, XENOMOI, Berlin 2011, trad. it. di S. Barbera, con un'Introduzione di A. Gargani, *Conoscenza ed errore. Abbozzi per una psicologia della ricerca*, Einaudi, Torino 1982; nuova ed. it., con un'Introduzione di P. Parrini, *Conoscenza ed errore. Abbozzi per una psicologia della ricerca*, Mimesis, Milano 2017. (La traduzione dell'ed. it. 2017 è la stessa dell'ed. it. 1982; faremo perciò riferimento, per i passi citati, all'ed. it. 1982).
- CL E. Mach, *Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit*. Vortrag gehalten in der K. Böhm. Gesellschaft der Wissenschaften am 15. November 1871, Calve, Prag 1872; zweite Auflage, Barth, Leipzig 1909; trad. it. di L. Guzzardi, *La storia e la radice del principio di conservazione del lavoro*, in E. Mach, *Scienza tra Storia e Critica*, a cura di L. Guzzardi, Polimetria, Monza 2005, pp. 41-111.
- LSP E. Mach, *Populär-wissenschaftliche Vorlesungen*, Barth, Leipzig 1896, ora in *Ernst Mach Studienausgabe*, vol. IV, hrsg. von E. Nemeth und F. Stadler, XENOMOI, Berlin 2014, trad. it. parziale di A. Bongioanni, *Lecture scientifiche popolari*, Bocca, Torino 1900.
- MSC E. Mach, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt*, Brockhaus, Leipzig 1883, 1912⁷, ora in *Ernst Mach Studienausgabe*, vol. III, hrsg. von G. Wolters und G. Hon, XENOMOI, Berlin 2012, trad. it. di A. D'Elia, *La meccanica nel suo sviluppo storico-critico*, Bollati Boringhieri, Torino 2008.
- PDW E. Mach, *Die Prinzipien der Wärmelehre. Historisch-kritisch entwickelt*, Barth, Leipzig 1896, 1900², ora in *Ernst Mach Studienausgabe*, vol. V, hrsg. von M. Heidelberger, W. Reiter und J. Pircher, XENOMOI, Berlin 2016.
- PPO *Die Prinzipien der physikalischen Optik. Historisch und erkenntnispsychologisch entwickelt*, Barth, Leipzig 1921, ora in *Ernst Mach Studienausgabe*, vol. VI, hrsg. von D. Hoffmann und J. Pircher, XENOMOI, Berlin 2020.

Capitolo primo

La meccanica degli elementi

1.1. le basi del pensiero di Mach

Il pensiero di Ernst Mach (1838-1916) s'inserisce all'interno di un ampio quadro di trasformazione del pensiero filosofico e scientifico tra Otto e Novecento al centro del quale si trova la nozione d'*esperienza*¹. Com'egli stesso riferisce ne *L'analisi delle sensazioni* (1896)², fu la lettura precoce dei *Prolegomeni a ogni futura metafisica* di Kant – testo che, alcuni anni dopo, esercitò una profonda impressione anche su Albert Einstein³ – a spingerlo verso una ricerca delle *condizioni dell'esperienza* entro cui si forma la conoscenza.

Per Mach, il termine “condizione”, così come si presenta nella teoria kantiana della conoscenza, è equivoco, perché può indicare sia la *regola*,

¹ Cfr. a tal riguardo, P. Natorp, *Zur Streitfrage zwischen Empirismus und Kritizismus*, «Archiv für systematische Philosophie», V, 1899, pp. 185-201; H. Kleinpeter, *Kant und die naturwissenschaftliche Erkenntniskritik der Gegenwart (Mach, Hertz, Stallo, Clifford)*, «Kant-Studien», 8, 1903, pp. 258-320; R. Hönigswald, *Zur Kritik der Machschen Philosophie. Eine erkenntnistheoretische Studie*, Schwetschke und Sohn, Berlin 1903; E. Becher, *The Philosophical Views of Ernst Mach*, «The Philosophical Review», XIV, 5, 1905, pp. 535-562; E. Mach, *Die Leitgedanken meiner naturwissenschaftlichen Erkenntnislehre und ihre Aufnahme durch die Zeitgenossen*, «Scientia», 7, 1910, Nr. 14, pp. 225-240, trad. it. di L. Guzzardi, *Le idee-guida della mia teoria della conoscenza scientifica e la loro ricezione da parte dei contemporanei*, in E. Mach, *Scienza tra Storia e Critica*, a cura di L. Guzzardi, Polimetrica, Monza 2005, pp. 113-133, in particolare p. 116; B.H. Bode, *Ernst Mach and the New Empiricism*, «The Journal of Philosophy, Psychology and Scientific Methods», XIII, 11, 1916, pp. 281-290; F. Adler, *Ernst Machs Überwindung des mechanischen Materialismus*, Verlag der Wiener Volksbuchhandlung Ignaz Brand & Co., Wien 1918, trad. it. di A. Negri, *Erst Mach e il materialismo*, Armando, Roma 1978, pp. 88 sgg.; H. Dingler, *Die Grundgedanken der Machschen Philosophie*, Barth, Leipzig 1924, pp. 53 sgg.; A. Janik, S. Toulmin, *Wittgenstein's Vienna*, Simon and Schuster, New York 1973, trad. it. di U. Giacomini, *La grande Vienna*, Garzanti, Milano 1984, pp. 134 sgg.; R. Haller, *Grundzüge der Machschen Philosophie*, in R. Haller & F. Stadler (hrsg. von), *Ernst Mach – Werk und Wirkung*, Hölder-Pichler-Tempsky, Wien 1988, pp. 64-86; P. Gori, *Ernst Mach dal punto di vista storico-critico*, in Id. (a cura di), *Ernst Mach tra scienza e filosofia*, ETS, Pisa 2018, pp. 11-31; P. Parrini, *Introduzione. Mach scienziato-filosofo*, in CE, pp. 7-54.

² Cfr. AS, p. 57 n. 21.

³ A. Einstein, M. Born, *Scienza e vita. Lettere 1916-1955*, Einaudi, Torino 1973, p. 11.

cioè la forma del processo *effettivo* che lega la “condizione” come premessa al “condizionato” come conseguenza, sia la *legge*, cioè il principio o *struttura formale* a cui deve sottostare, di necessità, ogni caso particolare come semplificazione. La legge è dunque il principio metalogico del ragionamento effettivo che si svolge attraverso regole⁴. In quanto espressione di *leggi*, l'intelletto è per Kant la facoltà dei concetti puri che determinano come condizioni trascendentali (metalogiche) i dati empirici: si tratta del metodo *sintetico-progressivo* che egli sviluppa a livello della *Critica della ragion pura*. Ma questo metodo non si sottrae all'obiezione di Hume, poiché, escludendo qualsiasi origine convenzionale od operativa, esso vincola la legge all'alternativa tra l'assunzione dogmatica di una forma *a priori* e la ricerca di una più riposta origine empirica di secondo grado, non elementare ma *strutturale*⁵. Volendo contrastare da un lato il dogmatismo e dall'altro ogni possibile ricaduta empiristica delle istanze *a priori*, nei *Prolegomeni* Kant adotta il metodo *analitico-regressivo*, in cui il “fatto” non è il dato elementare dell'esperienza, ma il *dato della scienza*, cioè la stessa *struttura conoscitiva* che si esprime, in particolare, nella matematica e nella fisica pura⁶.

Da questo *apriori epistemologico*, basato sulla forma metodica generale dell'esperienza scientifica che accoglie in sé, dinamicamente, i singoli contenuti, traggono alimento le interpretazioni *neokantiane* del trascendentale⁷. Poiché il “fatto” della scienza non è più l'elemento ma la struttura, si elimina ogni metafisica delle facoltà e si eleva la struttura empirica a *fatto ideale*, rendendo conto, in tal modo, della funzione paradigmatica (metodologico-normativa) che si ricava dalle forme della conoscenza scientifica. Tuttavia, un simile svolgimento epistemologico del trascendentale non risolve il problema dei “principi” e delle “leggi” della conoscenza, ma semplicemente lo

⁴ Questa distinzione tra *regola* e *legge* è per Mach fondamentale ed è alla base di tutta la sua critica al razionalismo e all'empirismo classico riguardo alla possibilità che la conoscenza scientifica si basi su elementi *a priori* o *a posteriori*. Così, ad esempio, la *legge* del *modus ponens*, in quanto espressa dalla tautologia $A \wedge (A \rightarrow B) \rightarrow B$, è senza dubbio un principio *a priori*, mentre la *regola* del *modus ponens* è costituita da due premesse ($A \supset B$; A) e una conclusione (B). Poiché la regola di un ragionamento *effettivo* implica la scelta delle premesse che hanno un determinato contenuto empirico, non ha senso dire che tale regola sia *a priori*; d'altra parte, non ha nemmeno senso dire che essa sia *a posteriori*, poiché il *significato* di tali contenuti dipende dalle relazioni in cui essi sono posti secondo lo schema formale (funzionale) della legge. Si veda, a tal riguardo, D. Palladino, C. Palladino, *Logiche non classiche. Un'introduzione*, Carocci, Roma 2007, p. 21.

⁵ Cfr. I. Kant, *Prolegomena zu einer jeden künftigen Metaphysik, die als Wissenschaft wird auftreten können*, Hartknoch, Riga 1783, trad. it. di P. Carabellese e R. Assunto, *Prolegomeni ad ogni futura metafisica che si presenterà come scienza*, Laterza, Roma-Bari 1990, p. 13.

⁶ Cfr. *ivi*, pp. 26-29.

⁷ Cfr. M. Ferrari, *Categorie e a priori*, il Mulino, Bologna 2003, pp. 142 sgg.

trasferisce alle forme storico-culturali del sapere⁸. Al contrario, in Kant è la questione del *quid iuris* che deve dominare il trascendentale, e ogni fatto – sia esso di primo grado (l'elemento sensibile-materiale) o di secondo (la struttura della scienza, per come essa presenta conoscenze effettivamente sintetiche) – si svolge sullo sfondo di determinate configurazioni della *coscienza* (le intuizioni, i concetti, l'appercezione pura, le facoltà) che *giustificano* la conoscenza oggettiva⁹. La critica kantiana della metafisica non è quindi un modo per confinare la ragione a ciò che *idealmente* si può ricavare dalle sue effettive applicazioni, ma ha un carattere preventivo rispetto ad applicazioni che spezzano il rapporto indissolubile tra materia e forma della conoscenza. Da questo punto di vista, il metodo analitico-regressivo dei *Prolegomeni* kantiani non costituisce la legittimazione *post hoc* del metodo sintetico-progressivo, ma è semplicemente la sua *conversa logica*, il cui scopo è quello di mettere in risalto le *funzioni* della ragione partendo dai suoi “prodotti” anziché dalle sue “capacità”¹⁰.

La riflessione di Mach parte proprio da questa constatazione. È inutile spendersi nella ricerca di leggi fondazionali se poi queste non sono che la proiezione ideale di fatti già acquisiti. Rispetto ai successivi sviluppi neo-kantiani, la posizione di Kant ha almeno il vantaggio di mantenere aperto il problema della *genes* della conoscenza a partire dalle sue basi materiali, che non sono solo i dati sensibili, ma anche le *regole effettive* che si esprimono nei *giudizi*. Secondo Mach, si può sempre passare dalle regole alle leggi e viceversa; ciò che bisogna evitare è che esse vengano intese come *proprietà di una sostanza*, sia essa la coscienza o una struttura logica ideale. Alla critica kantiana della ragione, rivolta alle «leggi del suo uso puro», va così sostituita una *critica dell'esperienza*, allo scopo di portare alla luce i condizionamenti sottaciuti di ogni teoria della conoscenza¹¹.

In tale prospettiva, la critica dell'esperienza – che accomuna l'indagine machiana a quelle svolte nel medesimo periodo da Richard Avenarius, Josef Petzoldt, Richard Willy e Wilhelm Schuppe, cioè all'empiriocriticismo e al-

⁸ Cfr. *ivi*, p. 148.

⁹ Cfr., a tal riguardo, D. Hereza Modrego, *Die Transformation der Frage “quid iuris?” bei Kant zu Maimons “Satz der Bestimmbarkeit”*, «Discipline Filosofiche», XXIX, 1, 2019, pp. 231-250.

¹⁰ Cfr. P. Faggiotto, *Metodo analitico e ragionamento disgiuntivo nella filosofia trascendentale di Kant*, «Studi Kantiani», 11, 1998, pp. 19-28.

¹¹ Cfr., a tal riguardo, L. Kołakowski, *Filozofia pozytywistyczna (Od Hume'a do Koła Wiedeńskiego)*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warschau 1966, trad. it. di N. Paoli, *La filosofia del positivismo*, Laterza, Roma-Bari 1974, p. 104.

la “filosofia dell'immanenza”¹² – si svolge mediante un’“analisi delle sensazioni” condotta sia dal lato delle scienze naturali pure (fisica e meccanica razionale), sia dal lato delle scienze applicate (biologia e psicologia). Assumere le *sensazioni* come “fenomeni di base” dell'esperienza non significa tuttavia, per Mach, consegnare l'indagine critica alle forme della soggettività o al riscontro di dati “ultimi” che devono in qualche modo essere ricondotti a sintesi superiori. Senza dubbio, infatti, le sensazioni sono “elementi” dell'esperienza, ma non tutti gli *elementi* sono sensazioni¹³. Le sensazioni stanno agli elementi come *alcuni valori* delle variabili di una funzione stanno alle stesse variabili. Gli “elementi” sono quindi *chenogrammi*, cioè simboli di posti vuoti la cui unica forma conoscitiva è costituita dalla loro posizione all'interno della relazione funzionale¹⁴. Se ad esempio una *sensazione di colore* occupa il posto di una variabile, l'altra variabile, nella fattispecie il *colore di* una cosa, assumerà un valore dipendente dalla funzione in cui compare la sensazione. Non si può dire quale sia l'elemento soggettivo od oggettivo a prescindere dalla funzione, dato che le posizioni delle variabili si possono sempre scambiare e il valore di un particolare contenuto sensibile dipende, a sua volta, dalla posizione assunta dalla variabile dipendente o indipendente¹⁵.

In questa prospettiva, per mettere a fuoco la struttura funzionale dell'esperienza che si esprime in “elementi”, Mach respinge qualsiasi assunzione ingenuamente sensistica o *fenomenistica*, che finirebbe per pregiudicare l'indagine in una nuova metafisica del “dato” empirico¹⁶. Si tratta invece di co-

¹² Cfr. C. Russo Krauss, *Il sistema dell'esperienza pura. Struttura e genesi dell'empirio-criticismo di Richard Avenarius*, con una Prefazione di E. Massimilla, Le Càriti, Firenze 2013, pp. 19 sgg.; Id., *Dall'empirio-criticismo al positivismo relativistico. Joseph Petzoldt tra l'eredità di Mach e Avenarius e il confronto con la relatività einsteiniana*, FedOA Press, Napoli 2020. Ma sull'opportunità d'inquadrare il pensiero di Mach all'interno delle “filosofie dell'immanenza”, cfr. *infra*, p. 124 nota.

¹³ Cfr. AS, p. 271; CE, p. 10. Mach si riferisce qui, in primo luogo, alle indagini di R. von Sterneck, *Über die Elemente des Bewusstseins*, «Wissenschaftliche Beilage zum sechzehnten Jahresbericht der Philosophischen Gesellschaft an der Universität zu Wien», Barth, Leipzig 1903, pp. 75-93.

¹⁴ Il termine “chenogramma”, volto a indicare un posto vuoto all'interno di un sistema funzionale che viene successivamente riempito da un valore o “morfogramma”, è stato impiegato per la prima volta a questo proposito da Gotthard Günther, *Logik, Zeit, Emanation und Evolution* (1967), ora in Id., *Beiträge zur Grundlegung einer operationsfähigen Dialektik*, Dritter Band, Meiner, Hamburg 1980, pp. 95-124, in particolare p. 109.

¹⁵ Cfr. AS, p. 77.

¹⁶ Sul problema del fenomenismo nelle teorie di Mach, cfr. H. Kleinpeter, *Der Phänomenalismus. Eine naturwissenschaftliche Weltanschauung*, Barth, Leipzig 1913; J.T. Blackmore, *Ernst Mach. His Work, Life, and Influence*, University of California Press, Berkeley-Los Ange-

gliere lo sviluppo della conoscenza all'interno di un quadro esperienziale che fa riferimento alle forme di vita, ai bisogni e ai processi che sottendono l'acquisizione di quelle nozioni scientifiche con cui l'uomo ha da sempre regolato il proprio rapporto col mondo, attraverso l'invenzione di strumenti e la manipolazione degli oggetti che fanno parte della sua quotidianità¹⁷.

Ora, nell'osservare i movimenti, gli equilibri e le trasformazioni delle cose che incontra nella natura, l'uomo fa anzitutto *esperienze meccaniche*, di carattere istintivo e inconsapevole, le quali precedono la *scienza meccanica*, cioè l'inquadramento teorico di tali esperienze in base a leggi "naturali" astratte e universali¹⁸. Il metodo analitico dei *Prolegomeni* kantiani va dunque fatto valere non rispetto alla ragione, ma all'esperienza nel suo grado più basso e immediato. È pertanto da qui, dalle più semplici relazioni meccaniche, che deve iniziare l'indagine critica dell'esperienza.

1.2. *Le esperienze meccaniche*

L'indagine di Mach sulle esperienze meccaniche ha inizio con uno scritto del 1872 sul *Principio di conservazione del lavoro*. Alcuni anni dopo, in occasione della pubblicazione del volume sulla *Meccanica nel suo sviluppo storico-critico* (1883), Mach si riferisce allo scritto del 1872 come a quello che contiene, «nelle linee essenziali», le sue osservazioni critiche sui concetti meccanici¹⁹. Tali osservazioni prendono di mira le posizioni del meccanicismo classico, così com'esso si è sviluppato dagli inizi dell'età moderna fino a Hermann von Helmholtz e Wilhelm Wundt, basato sui concetti di ma-

les-London 1972, pp. 7 sgg.; J.T. Blackmore, R. Itagaki, S. Tanaka (ed. by), *Ernst Mach's Vienna 1895-1930. Or Phenomenalism as Philosophy of Science*, Kluwer, Dordrecht 2001, in particolare pp. 211 sgg.; E.C. Banks *Ernst Mach's World Elements. A Study in Natural Philosophy*, Springer, Dordrecht 2003, pp. 11 sgg.; D. Fisette, *Phenomenology and Phenomenalism: Ernst Mach and the Genesis of Husserl's Phenomenology*, «Axiomathes», 22, 2012, pp. 53-74; A. Berg, *Phenomenalism, Phenomenology, and the Question of Time. A Comparative Study of the Theories of Mach, Husserl, and Boltzmann*, Lexington Books, Lanham/Boulder/New York/London 2016, pp. 2 sgg.; J. Preston, *Phenomenalism, or Neutral Monism, in Mach's Analysis of Sensations?* in Id. (ed. by), *Interpreting Mach: Critical Essays*, Cambridge University Press, Cambridge 2021, pp. 235-257.

¹⁷ Cfr. CE, pp. 70 sgg.: «Lo sviluppo dell'individualità nell'ambiente naturale e culturale». Per un'introduzione a questi aspetti delle teorie machiane, cfr. P. Bucci *La filosofia naturale di Ernst Mach e il problema dell'unità delle scienze*, «Intersezioni», XXXIX, 1, 2019, pp. 57-75.

¹⁸ Cfr. MSC, p. 35.

¹⁹ MSC, p. 27.

teria, movimento, forza ed energia²⁰. Al centro di tali concetti si pone infatti il principio di conservazione del lavoro (talvolta anche detto “forza” o “energia”), per cui la quantità di energia in un sistema, passando da uno stato all'altro, si mantiene sempre costante. La prima osservazione è che i termini “forza” o “energia” possono risultare equivoci nella misura in cui sono legati a una predefinita visione meccanica dei fenomeni fisici; è quindi preferibile usare il termine “lavoro”, in quanto più corrispondente a una concezione relazionale dei processi fisici in cui appaiono, in primo luogo, determinati “effetti” dei fenomeni²¹. Se una parte cede lavoro, l'altra lo acquista proporzionalmente, e l'equilibrio totale garantisce che la somma delle due parti sia sempre uguale a zero, rendendo così impossibile il *perpetuum mobile*, cioè un sistema che si autoalimenti producendo lavoro dal nulla²².

Ora questo principio, nota Mach, non dipende affatto da una visione *meccanica* della natura, ma ha radici più profonde nell'esperienza, il cui chiarimento permette di rivelare i fondamenti non empirici, ma metafisici, della stessa meccanica classica²³. Tipica rappresentante di queste sottaciute assunzioni metafisico-meccaniche è la filosofia della natura di Wundt, secondo cui non solo l'effetto è equivalente alla causa, ma tutte le cause sono cause di *movimento* che procedono in linea retta²⁴. Poiché, secondo tale concezione, la materia è indistruttibile, essa deve conservarsi nella sua identità e il movimento locale è l'unico mutamento nel quale una cosa possa rimanere identica a se stessa²⁵. La causa reale di un movimento deve quindi persistere al di fuori dell'oggetto posto in movimento, sicché, se ha luogo un mutamento qualitativo di stato, ciò deve dipendere da qualcosa di non sostanziale, privo d'identità, che consenta d'intendere l'inizio e la fine come trapasso da uno stato all'altro, lasciando inalterata la sostanza materiale²⁶.

A tal riguardo, Mach non mette in dubbio che si tratti di assiomi *meccanici*, ma da ciò non segue che essi debbano valere per la spiegazione del mondo *fisico*. Se infatti tali assiomi valessero per il mondo fisico, la conclu-

²⁰ CL, pp. 68-69. Si veda, a tal riguardo, L. Guzzardi *Energy, Metaphysics, and Space: Ernst Mach's Interpretation of Energy Conservation as the Principle of Causality*, «Science & Education», 23, 2014, pp. 1269-1291.

²¹ Cfr. CL, p. 51.

²² Cfr. CL, p. 52.

²³ Cfr. *ibid.*

²⁴ Cfr. CL, pp. 68-69; W. Wundt, *Die physikalischen Axiome und ihre Beziehung zum Causalprincip. Ein Capitel aus einer Philosophie der Naturwissenschaften*, Enke, Erlangen 1866, pp. 6 sgg.

²⁵ Cfr. LSP, VIII: *Del principio della conservazione dell'energia*, p. 118.

²⁶ Cfr. *ibid.*

sione sarebbe un *acosmismo* di matrice eleatica in cui la materia viene identificata con l'“essere” e tutti i processi diversi dal movimento ottenuto per traslazione non esisterebbero o rimarrebbero inspiegabili²⁷. Si prenda, ad esempio, la teoria meccanica del *calore*: essa sostiene che il calore diminuisce fino a *scompare*, trasformandosi in lavoro; perciò il calore, sottraendosi al principio dell'indistruttibilità, in tale teoria non può essere materia, ma solo *movimento*. Qui interviene la prima analogia che consente al meccanista di distinguere tra la “sostanza materiale” e le semplici *proprietà* di trasformazione della materia. Il lavoro garantisce nel sistema la *costanza* del calore trasformato in movimento, così come, in un mulino, la quantità d'acqua che produce lavoro rimane costante passando da un livello più alto a uno più basso²⁸. L'analogia introdotta dalla spiegazione meccanica si basa quindi sul fatto che, dovendo il lavoro *conservarsi* nel sistema, nel primo caso si constata la scomparsa di un fenomeno (il calore), mentre nel secondo si rivela la conservazione dello *stesso* fenomeno (l'acqua) in un punto diverso dello spazio. Da ciò si conclude che, se per l'acqua deve trattarsi di una *materia fisica*, il calore si risolve al contrario in un semplice *movimento*, come una particolare proprietà accidentale della materia²⁹.

Ma questa – nota Mach – non è una spiegazione *fisica*, poiché non considera *l'insieme delle circostanze* in cui i due diversi fenomeni fisici si verificano³⁰. In realtà, l'acqua si conserva come “materia” perché usiamo come criterio meccanico il *peso* misurato dalla *bilancia*, mentre rispetto al *mulino*, in cui conta il lavoro svolto, l'acqua *scompare* dal sistema esattamente come il calore nel processo di trasformazione³¹. È infatti falso, ad esempio, che nel *sistema dinamico del mulino* si conservi sempre la stessa quantità di materia, poiché non è possibile stabilire ciò dai dati empirici dell'insieme fisico esaminato, mentre possiamo sapere che si conserva il *lavoro*, cioè *un equivalente del prodotto tra il peso dell'acqua e l'altezza della sua caduta*³². Ogni spiegazione che ricorra agli “*elementi*” meccanici della materia e del movimento si rivela perciò inutile, in quanto nel *fenomeno fisico* non si rivelano materie o movimenti costanti, variabili, permanenti, finali, ecc., ma solo *relazioni di equivalenza* che vengono o no conservate. Così, le due proposizioni: “la quantità d'acqua, essendo materia, rimane costante”, e “la quantità di calore scompare, perché non è materia” sono entrambe senza significa-

²⁷ Cfr. LSP, p. 119.

²⁸ Cfr. CL, p. 71.

²⁹ Cfr. CL, pp. 72 e 74.

³⁰ Cfr. CL, p. 69.

³¹ Cfr. CL, pp. 74-75.

³² Cfr. CL, p. 72.

to dal punto di vista fisico, dal momento che si dovrebbe dire solo che rimane o scompare la *prestazione di lavoro proporzionale* alla quantità di calore o d'acqua immessa nel sistema³³. Inoltre, la tendenza a sostanzializzare ciò che ci sembra materia e a ridurre a semplice movimento ciò che invece non ci appare come materia, rende possibile una *serie infinita di analogie meccaniche*, che potrebbero parimenti risultare spiegazioni legittime di fenomeni fisici riguardo alla conservazione della "forza", come accade per la conservazione dell'umidità, della velocità, e così via³⁴. Quando, ad esempio, il legno si riempie d'umidità, si può produrre lavoro, come venne constatato dagli antichi egizi che usavano tale sistema per spaccare le rocce; da ciò si potrebbe pertanto ricavare una teoria meccanica dell'umidità, sostenendo che l'umido può produrre lavoro nel passaggio da un corpo più bagnato a uno meno bagnato³⁵. Formulato in termini semplicemente meccanici, *il principio di conservazione del lavoro si può applicare a tutto*, anche all'interazione psico-fisica tra gli stati della coscienza e il movimento muscolare, in quanto passaggio da una condizione di maggiore attività e vivacità a una minore e viceversa.

Riprendendo un'osservazione che già aveva svolto Hume nel suo *Trattato sulla natura umana*, Mach nota che «dell'*agens*, cioè della causa, noi non sappiamo nulla», poiché solo gli effetti possono darsi come oggetti di esperienza³⁶. Quanto all'obiezione che, in tal modo, anche il termine "effetto" perderebbe il suo significato, essa deriva dall'assunzione *referenziale* del rapporto causa-effetto, sia esso inteso in senso concettuale o meramente fattuale³⁷. In tale prospettiva, Mach supera anche la critica di Hume al concetto di causa, poiché non si tratta di sostituire a una relazione concettuale una determinazione empirica in cui *due fatti* si succedono nel tempo in base a ripetute connessioni associative da cui emergerebbe la necessità *ex hypothesi* del rapporto, assegnando invece la necessità assoluta a una pura relazione formale. Se così fosse, sarebbe valido il rilievo kantiano secondo cui la necessità formale è inutile per la conoscenza, mentre la necessità *ex hypothesi* è affetta dalla medesima contingenza dei suoi termini, sicché la relazione causale non si distinguerebbe da *qualsiasi relazione tra due cose nel tempo*, rinviando il significato ultimo della conoscenza delle cause alla "forza" di

³³ Cfr. *ibid.*

³⁴ Cfr. *ibid.*

³⁵ Cfr. CL, pp. 71-72.

³⁶ CL, p. 74; cfr. D. Hume *A Treatise of Human Nature*, Book I, *Of the Understanding*, John Noon, London 1739, trad. it. di A. Carlini, E. Lecaldano, E. Mistretta, *Trattato sulla natura umana*, Libro primo, *Sull'intelletto*, Laterza, Roma-Bari 1982, pp. 86 sgg.

³⁷ Cfr. AS, pp. 98-100.

una generalizzazione soggettiva, ad esempio alla capacità di una coscienza trascendentalmente purificata.

Per Mach, il problema non è se a un concetto debba essere sostituito un fatto, ma che non si danno né fatti né concetti prima delle relazioni o indipendentemente da esse³⁸. In queste osservazioni si fa luce il filo conduttore di tutta la critica machiana dell'esperienza: *il mondo non ci è dato due volte*, prima nei suoi elementi e poi nelle sue relazioni, sicché è inutile chiedersi se siano le relazioni a determinare gli elementi o viceversa³⁹. Ciò non significa però – come talvolta si sono volute intendere le osservazioni machiane – che, rifiutando la designazione referenziale degli oggetti o degli elementi, questi si risolvano in pure compagini relazionali⁴⁰. Certamente, infatti, termini e relazioni devono essere distinti nella spiegazione dei fenomeni, ma la loro distinzione non dipende da proprietà di cose, ma dal posto che esse assumono nell'esperienza. Di nuovo, si può prendere come esempio il rapporto causale. Se, per stabilire l'oggettività e la necessità della causa, si esamina la *sequenza denotativa* dei fenomeni che conducono dalla causa all'effetto, risulta evidente come nessun *termine* fenomenico intermedio (come “causa” o come “effetto”) sia sufficiente per completare il processo, poiché ogni processo è perfettamente “compiuto” solo se è *continuo* dall'inizio alla fine⁴¹. Tale continuità può essere intesa in due modi: o come presenza immediata dell'effetto nella causa – e allora non vi è un “processo” che leghi la causa all'effetto – oppure come una mediazione differenziale, secondo la notazione infinitesimale introdotta per la prima volta da Leibniz; ma in tal caso il processo sarebbe solo simbolico e non effettivo, poiché l'infinitesimo della grandezza differenziale non è un termine reale, ma il segno di un'operazione di reiterazione all'infinito⁴². Così, la soluzione dell'aporia della continuità si ottiene di solito per *totalizzazione*: quando in un dato momento

³⁸ Cfr. AS, p. 101. Tale rapporto tra causalità e relazione funzionale era già stato impostato da Gustav Theodor Fechner. Cfr., a tal riguardo, Id., *Über das Causalgesetz*, «Berichte über die Verhandlungen der Königlich-Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, Mathematisch-Physische Klasse», Bd. 1, Weidmann, Leipzig 1849, pp. 98-120; M. Heidelberger, *Functional relations and causality in Fechner and Mach*, «Philosophical Psychology», 23, 2, 2010, pp. 163-172.

³⁹ Cfr. MSC, p. 283.

⁴⁰ Si vedano, a tal riguardo, le osservazioni di J.T. Blackmore, *Ernst Mach. His Work, Life, and Influence*, cit., pp. 31 sgg.

⁴¹ Cfr. a tal riguardo, J. Łukasiewicz, *On Determinism* (1961), in Id., *Selected Works*, ed. by L. Borkowski, North-Holland Publishing Company, Amsterdam-London 1970, pp. 110-128, in particolare p. 119.

⁴² Cfr. PDW, pp. 95-97.

tutte le condizioni sono presenti, nel momento successivo l'effetto è *completamente* determinato e compare "di necessità".

Ma ciò, nota Mach, equivale a dire che il tempo del processo, che sorge solo dal rapporto tra due fenomeni, viene considerato come *indipendente* dai fenomeni stessi, cioè come un *orologio cosmico assoluto* a cui si attribuisce *due volte*, prima sotto forma di criterio e poi di termine relazionale, la capacità di temporalizzazione⁴³. Qui il criterio indica il tempo come necessità cosmologica della determinazione causale, secondo lo schema fisico-ontologico o *de re* dell'implicazione necessaria di un fenomeno: $p \rightarrow Np$; il termine indica invece la necessità "esistenziale" o "interna" del fenomeno, cioè la sua comparsa come membro di una relazione che lo identifica come un *certo* fenomeno, ma che è in sé *contingente*: $N(p \rightarrow p)$. Un fattore conoscitivo, legato alla relazionalità interna di un fenomeno (cioè il fatto che esso debba comparire in una certa relazione con altri) viene così eletto, per astrazione, a fattore ontologico assoluto come unico campo relazionale di sfondo. *Lo scambio tra criterio e termine contiene quindi una fallacia logica prima ancora che empirica*. Se, ad esempio, il movimento di rotazione della Terra funge da criterio temporale, non si può chiedere dov'essa si troverà (come "termine") in un momento successivo della sua rotazione, a meno di non utilizzare un altro movimento, ad esempio rispetto al Sole⁴⁴. Infatti, la *posizione* della Terra, come misura o criterio del tempo, appartiene alle *medesime* circostanze che servono a determinare tale posizione. Allo stesso modo, non ha senso dire che, se è dato lo stato complessivo del mondo in un certo istante, è anche determinato il suo stato nell'istante successivo, poiché «la stessa circostanza viene contata due volte» e sarebbe come dire che «il processo è andato avanti *quando* è andato avanti»⁴⁵ – cioè, appunto, $N(p \rightarrow p)$ o «è necessario che, se qualcosa esiste, esista».

Poiché la legge causale si riduce all'espressione banale e di nessun valore conoscitivo secondo cui «l'effetto è determinato dalla sua causa»⁴⁶, si può anche chiarire perché l'autentica conoscenza, che si rivolge alla reciproca dipendenza dei fenomeni, debba al tempo stesso sostenere l'*indipendenza* di ogni fenomeno, inteso come *singolo dato*, da ogni altro. Non vi è infatti un "fenomeno di base" che possa essere eletto *a priori* come criterio per ogni altro; ogni fenomeno, *preso in sé*, può quindi essere unità di misura e, come

⁴³ Cfr. CL, pp. 85 sgg.

⁴⁴ Cfr. CL p. 86.

⁴⁵ CL, p. 88. Cfr. anche CL, p. 87: «Il mondo è come una macchina in cui il movimento di certe parti è determinato dal movimento di altre, ma *nulla* si può determinare riguardo al movimento dell'intera macchina».

⁴⁶ CL, p. 88.

tale, è indipendente dagli altri. Ma per la stessa ragione esso può anche non essere un simile criterio. In tale *logica del singolare*, anche le relazioni sono “dati indipendenti”, sicché risulta del tutto legittimo credere – come ad esempio accade nell'alchimia – che possa esistere una connessione tra cose che non hanno alcuna reale influenza l'una sull'altra⁴⁷. Da ciò, lo scettico trae la conclusione *metafisica* che non esiste alcun criterio, mentre colui che intende conoscere la realtà sosterrà che *solo l'esperienza* potrà decidere, di volta in volta, quale criterio debba prevalere. Ma poiché l'esperienza non è una *somma* di semplici dati fenomenici, non si pone nemmeno il problema, tipico della posizione scettico-accademica o “probabilistica”, dell'utilità convenzionale o “arbitraria” della *scelta* riferita a uno o più fenomeni nell'insieme. Infatti, nota Mach, noi non facciamo mai esperienza di uno o più fenomeni isolati, ma solo della loro connessione, la quale anzitutto ci dice che lo stesso fenomeno *non* può fungere, contemporaneamente, da criterio e da termine della relazione conoscitiva.

In ultima istanza, il mancato riconoscimento del fatto che il mondo «si dà una volta sola» e che non possiamo tener fermo un fenomeno e variare tutto il resto a piacere, è ciò che accomuna i pregiudizi “sostanzialistici” della scienza meccanica e dell'alchimia, dal momento che entrambe assumono e utilizzano un determinato concetto di causa da cui ricavano in sequenza certi effetti. Presupporre che esista una forza, una massa o una materia da cui derivano determinate conseguenze, non è diverso dall'assumere che certe forme spirituali possano influire sui corpi: *materia* e *anima* sono infatti equivalenti dal punto di vista della realtà, poiché non aggiungono né tolgono nulla all'esperienza dei fenomeni⁴⁸.

A fronte di ciò, si potrebbe replicare che l'insufficienza della concezione referenziale del rapporto causale sia dovuta ai *limiti* della natura umana che non è in grado di cogliere la serie infinita dei termini intermedi, mentre una natura diversa, capace d'intendere l'infinito nella sua attualità, potrebbe comprendere la *verità* del fenomeno⁴⁹. Ora, a parte il fatto che si tratterebbe di una verità senza significato per l'esperienza, tale obiezione incorre in un errore logico ben più fondamentale, che deriva dalla forma *entimematica* in cui si esprime la conclusione. Quando si dice, infatti, che nella successione causale necessaria tra due eventi l'uno *deve* conseguire dall'altro, si occulta il fatto che ciò che è “logicamente necessario” non è il termine, l'evento o la

⁴⁷ Cfr. CL, pp. 88-89.

⁴⁸ Cfr. CE, p. 94.

⁴⁹ Cfr. AS, pp. 272-273, in riferimento alle tesi di Emil Du Bois-Reymond, *Über die Grenzen des Naturerkennen*, Veit, Leipzig 1872, ed. it. a cura di V. Cappelletti, *I confini della conoscenza della natura*, Feltrinelli, Milano 1973. Si veda anche *infra*, p. 24.

proposizione dedotta, ma l'*implicazione* dalle premesse alla conclusione, poiché le premesse non sono semplici termini, ma *strutture condizionali* ricavate a loro volta da generalizzazioni empiriche⁵⁰. Sulla base di tale implicazione necessaria, è quindi contraddittorio supporre che, una volta dato il condizionale “se *A*, allora *B*”, e *a* si presenti come un caso di *A*, non consegua *B*, ossia: un evento è “causa necessaria” di un altro solo se vi è una connessione *C* tale che, dalla congiunzione di *C* e di *A*, si deduce *B*. Per stabilire la *necessità* del rapporto causale bisogna dunque che *C* sia una *legge* di cui la relazione fattuale rappresenta invece un semplice caso; ma che esista una legge del genere non può essere ricavato dal concetto di causa, altrimenti *da qualsiasi concetto* potremmo ricavare una legge o una struttura implicativa riguardante i fenomeni⁵¹.

Secondo Mach, un tipico esempio di quest'indebita inclusione del piano empirico nel piano formale si ha non solo nella comune successione causale, ma anche nel cosiddetto “principio di ragion sufficiente”⁵². Tale principio, inteso come “fondamento” o giustificazione dell'esistenza di una cosa, risale alla formulazione che ne diede Leibniz allo scopo di indicare la forma del condizionamento non necessitante che si verifica nel caso delle verità di fatto o “contingenti”, il cui contrario non implica contraddizione⁵³. Esso sembrerebbe perciò adatto a esprimere le relazioni empiriche tra i fenomeni, senza rinunciare a una loro più riposta comprensione razionale. Una volta infatti posta fuori gioco la necessità assoluta o incondizionata, si ripiega su una *necessità condizionata* che coincide con la possibilità essenziale o *disposizionale* di un fenomeno reale, evitando in tal modo d'includere nella contingenza della realizzazione anche le “ragioni intrinseche” o “potenziali” che ne stanno a fondamento. In altri termini, se un fenomeno accade in base a certe condizioni, vuol dire che tali condizioni erano presenti o connesse alla sua natura in modo *sufficiente* alla sua realizzazione, anche se *altre* condizioni avrebbero potuto bastare a tal riguardo. Così, ad esempio, è possibile far bollire dell'acqua nello stesso tempo *t* (ottenendo così il medesimo effetto fenomenico) o aumentando la pressione a parità di calore indotto o aumentando la fiamma che riscalda l'acqua a parità di pressione: le due condizioni non sono infatti necessarie, ma solo sufficienti; necessario è solo che la sostanza in questione possa includerle entrambe⁵⁴.

⁵⁰ Cfr. CE, pp. 297 e 305.

⁵¹ Cfr. CE, p. 134.

⁵² Cfr. CL, pp. 89-90.

⁵³ Cfr. G.W. Leibniz, *Discours de Métaphysique* (1686), ed. it. a cura di R. Cristin, *Discorso di metafisica*, Studium, Roma 2016, § 13.

⁵⁴ Cfr. AS, p. 270.

Il problema è ora: se il principio causale non serve a spiegare i fenomeni poiché si basa su una necessità incondizionata, è invece utile a tal proposito il principio di ragion sufficiente (o del “fondamento”) nella misura in cui introduce una necessità condizionata? Per rispondere a tale domanda, occorre esaminare la forma logica dei due principi e tentare di applicarla ai fenomeni fisici, indipendentemente da assunzioni meccaniche. Ora, una condizione P è necessaria per l'effetto Q se tale effetto non si presenta *mai* senza P ; viceversa, una condizione P è sufficiente per l'effetto Q se *tutto* ciò che si presenta con P ha tale effetto. Il principio causale e il principio di ragion sufficiente sono quindi *due funzioni inverse*, il cui scambio di variabili determina solo l'asimmetria della relazione, dato che nel primo caso l'effetto *non può mancare* di una certa causa, mentre nel secondo l'effetto *può avere* più cause. Ma in entrambi i casi la comparsa del fenomeno non è meglio spiegata, poiché nel primo la condizione necessaria non è sufficiente e, nel secondo, la condizione sufficiente dice solo che, quando una cosa accade, è accaduta così⁵⁵.

Se ora si riporta la struttura logica della condizione sufficiente a un particolare evento fisico – ad esempio al fenomeno dell'equilibrio di due pesi uguali posti agli estremi di una barra sostenuta nel suo centro –, le classiche spiegazioni meccaniche, che risalgono ad Archimede, sostengono che l'equilibrio esiste perché non c'è alcuna “ragione sufficiente” per il suo cambiamento⁵⁶. Di nuovo, ciò equivale a dire che, se qualcosa esiste, non può essere diverso da com'è; se invece non esiste, non ci sono state ragioni per la sua esistenza, cioè non esiste. Quindi il principio non ha avuto alcuna *applicazione* all'esperienza, ma ha semplicemente ribadito se stesso, una volta in senso positivo e l'altra in senso negativo. Se realmente si volesse conoscere il fenomeno dell'equilibrio, non si dovrebbe dire – nota Mach – che *non esiste* una ragione per cui ciò che è debba essere diverso da com'è, ma che *c'è una ragione in virtù della quale, nel fenomeno in questione, nulla debba accadere*. «Infatti» – conclude Mach – «l'effetto è certamente determinato dalla causa, e l'unico effetto che qui è determinato dalla causa è, appunto, *nessun effetto*»⁵⁷. Se nell'esperienza del fenomeno dell'equilibrio subentrasse un effetto di squilibrio, non sarebbe possibile indicare alcuna *regola* per ricavare tale effetto dalle circostanze fenomeniche, dato che queste ci testimoniano di una situazione di equilibrio. Volendo quindi trarre per “ragion sufficiente” da un effetto di un certo tipo una regola che lo con-

⁵⁵ Cfr. CL, pp. 93-94.

⁵⁶ Cfr. CL, p. 89.

⁵⁷ *Ibid.*

traddica o lo confermi, si giungerebbe a produrre la situazione paradossale per cui da tale regola, in virtù della sua indipendenza dal fenomeno, sarebbero parimenti ricavabili *infiniti altri effetti*. È quindi inutile dire che una cosa è così perché delle “ragioni sufficienti” l’hanno determinata in tal modo o perché non ci sono ragioni sufficienti per il suo cambiamento. In ultima istanza, se anche i principi della causa e del fondamento fossero validi per i fenomeni reali, *non si saprebbe come applicarli ad essi*⁵⁸.

Le osservazioni fin qui svolte ci permettono altresì di comprendere per qual motivo l’esclusione del *perpetuum mobile*, espressa dalla proposizione secondo cui “non è possibile produrre lavoro dal nulla”, si riveli, come *principio*, inutile per la conoscenza dei fenomeni fisici. Tale proposizione afferma infatti che ad ogni gruppo di fenomeni, siano o no in cambiamento, corrisponde un altro gruppo di fenomeni, il cui stato è correlabile in modo *biunivoco* al primo gruppo: se qualcosa cambia da un lato, cambia anche dall’altro; se invece nulla cambia nel primo, anche l’altro resta immutato⁵⁹. Ma possiamo credere, nota Mach, che questa conclusione si ricavi davvero dal *principio* metafisico per cui “dal nulla non può derivare qualcosa”, oppure che essa sia frutto di un’esperienza? Se a suo fondamento si ponesse un simile principio, di nuovo non si saprebbe che uso farne, poiché tale principio si limita a dire che “qualcosa esiste, anziché il nulla”; se invece esso fosse frutto d’esperienza, non si potrebbe ovviamente assumerlo in forma astratta, poiché il fatto che un gruppo di fenomeni, legato a un altro, tramite i suoi cambiamenti determini anche dei cambiamenti nell’altro gruppo, *si può applicare a priori a tutti i fenomeni in tali condizioni*. Infatti, il principio di conservazione afferma che, data la dipendenza reciproca di un certo gruppo di fenomeni, le trasformazioni che intervengono producono sempre un risultato *costante*, cioè: $F(a, b, c, \dots) = K$. Ma quest’equazione si può esprimere in modo equivalente attraverso la funzione di equilibrio: $f(a, b, c, \dots) = 0$, oppure con la funzione di determinazione di un fenomeno mediante gli altri: $a = F(a, b, c, \dots)$ ⁶⁰. Se nel primo caso otteniamo il *principio di conservazione*, nel secondo si presenta invece il *principio di ragion sufficiente*, mentre nel terzo compare il *principio causale*. Si tratta dunque solo di un diverso modo di trascrivere la *medesima* relazione di dipendenza, sicché è illusorio pensare che tale relazione sia meglio compresa fissando l’attenzione sull’una o sull’altra espressione. Da ciò si conclude che «*senza esperienze positive*, il principio di esclusione del

⁵⁸ CL, pp. 90-91.

⁵⁹ Cfr. CL, pp. 94-95.

⁶⁰ Cfr. CL, p. 96. Su ciò, si veda anche AS, p. 69.

perpetuum mobile è vacuo tanto quanto il principio di ragion sufficiente e tutti gli altri principi di tal sorta»⁶¹.

1.3. *Le conoscenze meccaniche*

Le indagini sviluppate nel saggio sulla *Conservazione del lavoro*, volte a evidenziare le incongruenze che sorgono dai principi della meccanica classica quando vengono posti in relazione con le più elementari esperienze meccaniche, costituiscono la base per un'ampia trattazione delle strutture conoscitive che emergono da tali esperienze e che Mach articola nel volume sulla *Meccanica nel suo sviluppo storico-critico*. Nelle sette edizioni dell'opera, pubblicate dal 1883 al 1912, Mach affianca alle indagini teoretico-conoscitive un confronto sempre più dettagliato con le ricerche fisiche ed epistemologiche dell'ultimo ventennio dell'Ottocento, e ciò non solo al fine di trovare punti di convergenza, ma soprattutto per ricavare da esse elementi critici in vista di una profonda revisione della tradizionale "visione meccanica" del mondo⁶². Già poco dopo la metà del secolo, le indagini di Philipp Jolly e Eugen Dühring⁶³ avevano evidenziato alcuni problemi che sorgevano dalla meccanica classica, in particolare a proposito dei concetti di forza ed energia, ma le soluzioni da essi offerte consistevano nel privilegiare la nozione di materia come substrato indifferenziato dei fenomeni, finendo così per esaltare un aspetto della meccanica anziché metterne in discussione i presupposti generali.

In un contesto storico-critico, particolare rilievo assumeva invece lo scritto di John Bernard Stallo su *I concetti e le teorie della fisica moderna* (1882)⁶⁴, di cui Mach venne a conoscenza in seguito alla lettura del saggio di Bertrand Russell sui *Fondamenti della geometria* (1897)⁶⁵, promuovendone, al-

⁶¹ CL, p. 94.

⁶² Cfr. anche E. Mach, *Kultur und Mechanik*, Spemann, Stuttgart 1915; Reprint, Westhafen, Frankfurt am Main 2016.

⁶³ Cfr. P. Jolly, *Die Principien der Mechanik, gemeinverständlich dargestellt*, Francke, Stuttgart 1952; E. Dühring, *Kritische Geschichte der allgemeinen Principien der Mechanik*, Grieben, Berlin 1873.

⁶⁴ Cfr. J.B. Stallo, *The Concepts and Theories of Modern Physics*, Appleton, New York 1881-1882, trad. ted. della III ed. ingl. di H. Kleinpeter, *Die Begriffe und Theorien der modernen Physik*, Barth, Leipzig 1901, con una Prefazione (Vorwort) di E. Mach (pp. V-XIII).

⁶⁵ Cfr. B. Russell, *An Essay on the Foundations of Geometry*, Cambridge University Press, Cambridge 1897; Reprint with a Foreword by M. Kline, Dover, New York 1956, pp. 13 sgg.; PDW, Vorwort zur zweiten Auflage, p. 3. Su ciò, cfr. J. Thiele, *Karl Pearson, Ernst Mach, John B. Stallo: Briefe aus den Jahren 1897 bis 1904*, «Isis», 60, 4, 1969, pp. 535-542, in particolare pp. 536-537.

cuni anni dopo, la traduzione in lingua tedesca a cura di Hans Kleinpeter⁶⁶. In tale volume, Stallo aveva svolto un'ampia ricognizione dei pregiudizi e delle fallacie argomentative che stanno alla base della visione fisica del mondo a partire dalla "rivoluzione scientifica" di Galileo e Cartesio, rivelando singolari e inedite convergenze con le critiche che Mach stesso aveva sviluppato nel suo saggio sulla *Conservazione del lavoro*. Secondo Stallo – che riprendeva a tal proposito un'osservazione svolta da Emil Du Bois-Reymond⁶⁷ – tale visione fisica del mondo è condensata nella frase di Kant, contenuta nella Prefazione ai *Primi principi metafisici della scienza della natura*, in base alla quale «in ogni dottrina particolare della natura si può trovare tanta scienza *propriamente detta*, quant'è la *matematica* che vi è contenuta»⁶⁸. Poiché solo le proposizioni della meccanica sono del tutto riducibili alle forme matematiche nella loro certezza apodittica, è sufficiente – nota Stallo – sostituire a "matematica" la "meccanica degli atomi", allo scopo di ottenere la «conoscenza completa del mondo, senza residui»⁶⁹.

Tuttavia, in questa riduzione di ogni cambiamento al *movimento* di parti elementari e agli stati da esse configurati, si cela un errore logico ed epistemologico, che ha come conseguenza l'iscrizione della chimica entro i margini dell'indagine fisico-matematiche e il rinvio dei fenomeni della natura organica a proposizioni extrascientifiche, contrassegnate dal fatto che, rispetto ad esse, l'intelletto umano deve confessare – nella formula dell'*ignorabimus* di Du Bois-Reimond – la propria impotenza⁷⁰. La pretesa "completezza" della conoscenza meccanica del mondo si rivela, infatti, attraverso una sorta di *petitio principii*, come un ambito preventivamente delimitato dagli assiomi assunti a tale scopo, senza accorgersi che nessuna posizione assiomatica, per quanto ricca e articolata, può confondere le strutture formali dei principi e degli strumenti matematici impiegati con la natura dei

⁶⁶ Sul contributo di Kleinpeter alla diffusione delle teorie di Mach e all'indagine del rapporto tra Mach e Stallo, cfr. H. Kleinpeter, *J.B. Stallo als Erkenntniskritiker*, «Vierteljahrsschrift für Wissenschaftliche Philosophie», 25, 1901, pp. 401-440; Id., *Kant und die naturwissenschaftliche Erkenntniskritik der Gegenwart* (Mach, Hertz, Stallo, Clifford), cit.; Id., *Die Erkenntnistheorie der Naturforschung der Gegenwart. Unter Zugrundelegung der Anschauungen von Mach, Stallo, Clifford, Kirchhoff, Hertz, Pearson und Ostwald*, Barth, Leipzig 1905; M. Ferrari, "Uno strenuo difensore" di Mach: John Bernhard Stallo, in P. Gori (a cura di), *Ernst Mach tra scienza e filosofia*, cit., pp. 101-127.

⁶⁷ Cfr. E. Du Bois-Reymond, *I confini della conoscenza della natura*, cit., pp. 15 sgg.

⁶⁸ I. Kant, *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*, Hartknoch, Riga 1786, trad. it. di P. Pecere, *Principi metafisici della scienza della natura*, Bompiani, Milano 2003, p. 103.

⁶⁹ Cfr. J.B. Stallo, *The Concepts and Theories of Modern Physics*, cit., p. 22.

⁷⁰ Cfr. ivi, p. 23.

fenomeni che ci si presentano nell'esperienza. L'errore logico consiste nella pretesa di ricavare dai simboli il loro significato, e cioè, secondo l'espressione di Kant, di trovare nella natura solo ciò che l'intelletto vi ha posto⁷¹. D'altra parte – nota Stallo – se ciò fosse vero, dovrebbe valere anche per i fenomeni *fisici*, nei confronti dei quali l'assunzione di spiegazioni meccaniche non è implicita né analitica, dal momento che la fisica non dovrebbe occuparsi, per definizione, di entità trascrivibili in relazioni simboliche tra numeri e funzioni, ma di *corpi* connessi all'esperienza, per i quali, dunque, occorrerebbero categorie conoscitive adeguate alla loro natura fenomenica⁷². Così, mediante un preliminare scambio tra i segni matematici e la realtà, la meccanica finisce per assegnare ai corpi le proprietà dei segni stessi, come l'elementarità, l'invariabilità, la costanza e l'omogeneità, configurandoli entro una teoria dello spazio e del tempo che ne permette la conservazione attraverso puri movimenti di traslazione⁷³, come accade nella teoria atomica, secondo cui le parti elementari sono assolutamente rigide, solide e impenetrabili⁷⁴. Il risultato di un tale scambio non è la conoscenza della realtà, ma l'identificazione del fatto che *dev'essere* spiegato con ciò che *viene* spiegato, vale a dire «*idem per idem*, od *obscurum per obscurius*»⁷⁵. In tal modo, lo scambio tra il procedimento d'indagine e l'oggetto genera l'equivoco che debba spettare al procedimento stesso – sia esso induttivo o deduttivo – il compito di produrre una conoscenza, mentre esso non fa altro che «postulare ciò che intende spiegare»⁷⁶.

Ciò si manifesta altresì nella questione della “formazione dei concetti”, cioè nella relazione tra il pensiero e le cose. A questo riguardo, Stallo nota come l'errore logico scaturisca dalla stessa *posizione* del problema, dato che ci si riferisce al pensiero e alle cose come a due termini dotati di proprietà indipendenti, tra le quali si deve cercare un “rapporto”. In realtà, «quando parliamo di una cosa o delle sue proprietà, dovrebbe essere chiaro che intendiamo il prodotto di due fattori – soggettivo e oggettivo – nessuno dei quali è capace di essere compreso di per sé, e solo in questo senso è giusto dire che la conoscenza è “relativa”»⁷⁷. Se la meccanica considera i corpi semplicemente come masse di un determinato peso e volume, ciò significa

⁷¹ Kant I., *Kritik der reinen Vernunft*, Hartknoch, Riga 1781-1787², trad. it. di C. Esposito, *Critica della ragione pura*, Bompiani, Milano 2004, B XIII-XIV, pp. 31-32.

⁷² Cfr. J.B. Stallo, *The Concepts and Theories of Modern Physics*, cit., p. 24.

⁷³ Cfr. *ivi*, p. 51.

⁷⁴ Cfr. *ivi*, p. 171.

⁷⁵ Cfr. *ivi*, p. 107.

⁷⁶ Cfr. *ivi*, p. 126.

⁷⁷ *Ivi*, p. 134.

che essa trascura le altre proprietà fisiche o chimiche e, di conseguenza, la “riduttiva” formulazione simbolica utilizzata non dipende dal fatto che una completa rappresentazione dell’oggetto sia impossibile a causa del numero infinito delle sue proprietà o dai limiti della mente, ma dal fatto che molte di tali proprietà sono *irrilevanti* per l’operazione conoscitiva che s’intende svolgere⁷⁸.

Il pregiudizio metafisico della meccanica non ha quindi nulla a che vedere – come invece sarà evidenziato alcuni anni dopo da Carnap – con l’incapacità di ogni metafisica di risolvere i problemi della conoscenza empirica⁷⁹, ma riguarda lo scambio tra la formulazione di un problema, allo scopo di evidenziarne i diversi aspetti, e la sua *formalizzazione*, che comporta l’adozione di un *altro* linguaggio, o dello stesso linguaggio naturale come sistema simbolico con funzione denotativa⁸⁰. Infatti, dal momento che la forma di questo linguaggio si basa su parole intese come unità discrete per la fissazione dei concetti, ne segue che i concetti sono i significati dei termini che designano le “cose” del mondo, originando così la corrispondenza – ben compendiata dall’*Etica* di Spinoza – tra «l’ordine e la genesi dei concetti e l’ordine e la genesi delle cose»⁸¹. Se si tratta dunque di essere coerenti rispetto a questa corrispondenza biunivoca, è ovvio che le cose vengano intese come termini assoluti, indipendenti dalle loro relazioni con le altre, e «che ogni realtà, che appartiene alle proprietà di una cosa, sia *distinta* dalla cosa stessa»⁸².

Stallo giungeva così a osservare che le uniche relazioni effettive che si danno nel mondo non sono quelle tra gli oggetti oppure tra un oggetto e le sue proprietà, ma tra i *fenomeni* a cui si dà attualmente risalto e altri fenomeni conosciuti in base al rilievo che essi hanno assunto nell’esperienza passata. Un tipico esempio di quest’equivoco si presenta nella difficoltà di

⁷⁸ Ivi, p. 135.

⁷⁹ Cfr. R. Carnap, *Scheinprobleme in der Philosophie: das Fremdpsychische und der Realismusstreit*, Weltkreis-Verlag, Berlin-Schlachtensee 1928, trad. it. di E. Severino, *Pseudoproblemi nella filosofia*, in R. Carnap, *La costruzione logica del mondo, Pseudoproblemi nella filosofia*, UTET, Torino 1997, pp. 441-479, in particolare p. 479.

⁸⁰ Sul concetto di “formalizzazione”, cfr. E. Husserl, *Ideen zu einer reinen Phänomenologie und phänomenologischen Philosophie*, Erstes Buch: *Allgemeine Einführung in die reine Phänomenologie*, hrsg. v. W. Biemel, Nijhoff, Den Haag 1950, trad. it. di V. Costa, *Idee per una fenomenologia pura e per una filosofia fenomenologica*, Libro primo: *Introduzione generale alla fenomenologia pura*, Einaudi, Torino 2002, § 12-14, pp. 32-36; E. Melandri, *Logica e esperienza in Husserl*, il Mulino, Bologna 1960, pp. 39 sgg.

⁸¹ Cfr. B. Spinoza, *Ethica ordine geometrico demonstrata* (1677), trad. it. di S. Giametta, *Etica dimostrata secondo l’ordine geometrico*, Bollati Boringhieri, Torino 1992, II, Prop. 7, p. 49.

⁸² Cfr. J.B. Stallo, *The Concepts and Theories of Modern Physics*, cit., p. 138.

concepire l'“azione a distanza” (come la forza gravitazionale) tra corpi la cui materialità dovrebbe consentire solo un'“azione a contatto” o per contiguità spaziale, andando così alla ricerca di un mezzo in grado di consentire il rapporto dinamico; ma tale difficoltà scompare se, invece di dire che un corpo agisce nel luogo in cui si trova, si sostiene al contrario che *un corpo si trova dove esso agisce*, cioè entro il campo relazionale della sua esistenza⁸³. È tuttavia evidente che, poiché tale campo non ha per principio dei limiti fenomenici, ogni corpo è sempre in una certa relazione ontologica con ogni altro – cioè ogni corpo è ovunque rispetto al suo campo d'azione –, sicché la definizione della sua identità materiale dipende sempre dalle relazioni considerate nel caso particolare. La difficoltà d'intendere tali relazioni risiede dunque nel fatto che noi tendiamo a darne una rappresentazione di tipo statico, mentre si dovrebbe cercare di renderle come un insieme di azioni e reazioni, cioè come un vero processo di cambiamento. Perciò, se un corpo si trova dove agisce, il suo luogo d'esistenza è allora una variazione di stato, cioè non un punto o un'area, ma un *vettore d'azione*.

Stallo veniva così a respingere ogni concezione della realtà articolata secondo individui, specie e generi, dato che ogni massa o materia, ogni forza o movimento, considerati *per sé*, sono solo finzioni dell'intelletto indistinguibili dall'assoluto nulla⁸⁴. Il progresso della conoscenza dovrebbe dipendere dalla scoperta di nuove e più numerose relazioni in cui si trovano i fenomeni, ma ciò è impedito dalla configurazione analogico-attributiva della realtà, che assimila quello che appare come straordinario e non comune a qualcosa di ordinario, familiare e già conosciuto, sia che si tratti di proprietà qualitative o quantitative. È questo il caso del modo in cui s'intende lo stato aeriforme o gassoso della materia: mentre nello sviluppo dei fenomeni naturali lo stato solido rappresenta solo un momento particolare e circoscritto dello stato aeriforme, nella tradizionale conoscenza fisica si procede, viceversa, mediante una graduale modificazione da uno stato solido, in cui le parti sono considerate contigue – cioè come aspetti di un corpo astratto e sconosciuto all'esperienza – allo stato aeriforme, sicché quest'ultimo viene concepito come se l'interazione meccanica manifestasse solo una *maggior distanza* tra le parti⁸⁵. Ma dato che un oggetto è vicino o distante, piccolo, grande o di un certo colore solo nella misura in cui viene confrontato con altri oggetti, ne risulta che ciò che chiamiamo “qualità” si traduce

⁸³ Ivi, p. 145.

⁸⁴ Cfr. ivi, pp. 161, 163.

⁸⁵ Cfr. ivi, pp. 175-176, 180.

nell'azione reciproca, mentre la "quantità" è semplicemente «la *ratio* tra diversi termini, nessuno dei quali è assoluto»⁸⁶.

Considerazioni simili valgono anche per la distinzione che, di solito, viene formulata tra le illusioni dei sensi e la vera realtà fisica. A tal riguardo, Stallo riprende un'antica osservazione, già svolta da Antistene e da Epicuro, secondo cui non è legittimo ricercare nei sensi la fonte dell'illusione a causa della loro incoerenza, poiché non c'è una realtà fisica che non sia fenomenica. Se si riscontra un'incoerenza nei sensi, ciò è dovuto in primo luogo al fatto che essi non sono stati adeguatamente interrogati, trascurando o non accorgendosi di altre relazioni che i dati sensibili intrattengono con i fenomeni fisici, come nel caso di un miraggio nel deserto⁸⁷. Ma questo – nota Stallo – non basta per spiegare l'illusione, poiché le relazioni illusorie sono altrettanto *effettive* quanto quelle che diciamo "reali". Nessuna ha quindi in sé una maggiore dignità ontologica dell'altra. Ciò che invece si dovrebbe sottolineare è che *l'insieme dei fatti*, i quali concorrono a definire ciò che chiamiamo illusione o realtà, non costituisce mai una base materiale neutra su cui interviene, in un secondo momento, il potere intellettuale del giudizio a correggerne gli errori e a definirne, kantianamente, il significato conoscitivo. Al contrario, il *giudizio* è, fin dall'inizio, una componente noetica essenziale dell'esperienza sensibile, cioè una circostanza o un insieme di circostanze – siano esse credenze, disposizioni, relazioni logiche o linguistiche – che *integrano* le altre circostanze del fenomeno alle quali si dà un certo rilievo e un significato. Non v'è dunque un'evidenza "naturale" o intrinseca dei fatti: se anche si chiarissero a colui che vede un miraggio le condizioni percettive o fisiche da cui dipende la sua illusione, non si potrebbe impedirgli di scambiare per la vera realtà, sicché la distinzione tra verità e illusione non può essere ricavata né da un'analisi introspettiva dei sensi, né da un richiamo all'oggettività delle condizioni fisiche, ma può solo dipendere da un criterio intersoggettivo e pragmatico-culturale già presente nell'insieme delle circostanze fenomeniche.

Stallo concludeva la sua accurata indagine dei pregiudizi metafisici insiti nella visione scientifica del mondo esaminando le forme di ontologizzazione degli enti matematici e la reificazione dello spazio. Riguardo alla concezione dello spazio come forma pura dell'intuizione, essa sarebbe valida se effettivamente si presentasse come uno *schema variabile* della percezione; ma in tal caso non avrebbe senso interrogarsi sull'esistenza dello spazio o sulla geometria che gli sarebbe naturalmente assegnata. Infatti, non si possono to-

⁸⁶ Ivi, p. 184.

⁸⁷ Cfr. ivi, p. 201.

gliere allo spazio i suoi contenuti e chiedersi se rimanga ancora qualcosa, poiché l'adeguatezza della configurazione spaziale è determinata dai contenuti stessi e dagli scopi per cui essi valgono nella nostra esperienza. Lo spazio è una parte integrante di qualsiasi "stato della coscienza" e, di conseguenza, quando ci s'interroga sull'idea dello spazio come distinta dai suoi contenuti sensibili, non si tratta di una distinzione su base intuitiva, ma *concettuale*⁸⁸. In questa prospettiva, le forme *a priori* della sensibilità, anziché garantire l'aspetto intuitivo della conoscenza, non fanno altro che isolare, assumendolo come un dato immediato, ciò che è solo parte di un più ampio *concetto* della realtà. Se si volesse veramente affermare l'aspetto intuitivo delle condizioni sensibili, bisognerebbe ricavarlo dalla stessa sensibilità, a condizione però che questa non sia confinata alle condizioni materiali della conoscenza o alla natura soggettiva dei sensi. Infatti, «in ogni atto di conoscenza primaria, il cosiddetto fenomeno oggettivo e la sua controparte soggettiva si costituiscono contemporaneamente nella coscienza, dal momento che la realtà dell'uno dipende da quella dell'altra»⁸⁹. In questo senso, l'inadeguatezza della teoria atomistico-meccanica, prima ancora che sul piano dei fenomeni della vita organica, si rivela già a livello dell'azione fisica e, d'altra parte, l'alternativa non può essere certo quella di affermare la *continuità* della materia, dal momento che "continuità" e "discontinuità" sono solo due lati dello stesso pregiudizio metafisico entro cui si vorrebbe inquadrare la realtà fenomenica⁹⁰.

Le osservazioni di Stallo s'inserivano all'interno di un ampio dibattito che, negli ultimi anni del secolo, si stava sviluppando tra matematici ed epistemologi di lingua inglese, volto a superare i paradigmi dell'empirismo induttivistico di Mill e Spencer a favore di una riconsiderazione genetico-costitutiva dell'esperienza e delle forme della conoscenza scientifica. Da tale dibattito emergevano, accanto a Stallo, gli studi condotti da Karl Pearson sulla "grammatica della scienza"⁹¹ e da William Kingdon Clifford sul rapporto tra "il senso comune e le scienze esatte"⁹², nei quali Mach intravedeva alcune significative convergenze con le ricerche epistemologiche svolte, nel medesimo periodo, da Gustav Kirchhoff, Ludwig Boltzmann, Hermann von Helmholtz e Heinrich Hertz.

⁸⁸ Cfr. *ivi*, pp. 233-234.

⁸⁹ *Ivi*, p. 235.

⁹⁰ Cfr. *ivi*, p. 294.

⁹¹ Cfr. K. Pearson, *The Grammar of Science*, Scott, London 1892, Revised and enlarged Edition, Adam and Charles Black, London 1911¹, Dent, London 1937.

⁹² Cfr. W.K. Clifford, *The Common Sense of the Exact Sciences*, Kegan Paul, London 1885, trad. it. *Il senso comune nelle scienze esatte*, Dumolard, Milano 1886.

Se Kirchhoff e Boltzmann, pur tenendo fede ai principi “realistici” dell'atomismo e della meccanica classica, evidenziavano il carattere descrittivo e rappresentazionale delle conoscenze fisiche, in cui un ruolo decisivo giocavano le strutture linguistiche delle teorie⁹³, è a Helmholtz che spetta il compito di rendere espliciti i presupposti *semiologici* delle sensazioni da cui provengono le strutture concettuali. In quanto effetti di cause esterne, le sensazioni non possono infatti produrre immagini delle cose, ma sono semplicemente dei segni «la cui particolare specie dipende interamente dalla nostra conformazione»⁹⁴. Ciò non implica, tuttavia, una qualificazione soggettivistica delle sensazioni, poiché il loro carattere segnico comporta sempre un riferimento agli oggetti e finanche una strutturazione formale del dato, conformemente a una certa legalità dell'esperienza⁹⁵. Tale strutturazione – che Helmholtz esprimeva richiamandosi da un lato ai “segni locali” di Lotze e, dall'altro, alle ricerche metamatematiche di Gauss sulla curvatura della superfici spaziali⁹⁶ – si connette a un *ampliamento del concetto d'intuizione*, che non può essere limitato solo a ciò che comunemente s'intende con l'immediatezza delle impressioni sensoriali in relazione allo spazio fisico tridimensionale.

Così, prendendo spunto dalle ricerche di Beltrami e Lipschitz sulle forme delle visioni prospettiche, Helmholtz evidenziava che si possono raffigurare impressioni sensoriali anche in spazi non euclidei, a condizione però di disgiungere l'apriorità trascendentale dell'intuizione in senso kantiano (che va in ogni caso salvaguardata) dalla questione degli *assiomi geometrici*, per i quali occorre uno sviluppo del metodo *analitico* in riferimento ai fenomeni percettivi⁹⁷. Questa ricomprensione analitica dell'intuizione tende inoltre a smarcarsi da qualsiasi sbrigativa soluzione innatistica o empiristica della

⁹³ Cfr. G.R. Kirchhoff, *Vorlesungen über mathematische Physik. Mechanik*, Teubner, Leipzig 1874-1876, pp. 1-2; L. Boltzmann, *Populäre Schriften*, Barth, Leipzig 1905, p. 324. Su ciò, cfr. J.T. Blackmore (ed. by), *Ludwig Boltzmann. His Later Life and Philosophy, 1900-1906*, Book One: *A Documentary History*, Kluwer/Springer, Dordrecht 1995, pp. 27 sgg. e 127 sgg.; C. Cercignani, *Ludwig Boltzmann. The Man Who Trusted Atoms*, Oxford University Press, Oxford 1998, pp. 170 sgg.; J.T. Blackmore, *Boltzmann's Concessions to Mach's Philosophy of Science*, in *Ludwig Boltzmann Gesamtausgabe*, 8. Ausgewählte Abhandlungen der Internationalen Tagung Wien 1981, ed. by R. Sexl and J.T. Blackmore, Akademische Druck- und Verlagsanstalt, Graz 1982, pp. 155-90.

⁹⁴ H. von Helmholtz, *Die Thatsachen in der Wahrnehmung*, Universitätsprogramm, Berlin 1878, trad. it. di V. Cappelletti, *I fatti nella percezione*, in Id., *Opere*, UTET, Torino 1996, p. 601.

⁹⁵ Cfr. *ibid.*

⁹⁶ Cfr. *ibid.*, pp. 610, 615.

⁹⁷ Cfr. *ibid.*, pp. 611-612.

conoscenza sensibile per dare rilievo, invece, alla genesi dei fenomeni e a loro significato. Quando parliamo di “sostanze”, “cause” e “forze”, non si tratta – nota Helmholtz – di avanzare la pretesa a una spiegazione ultima della realtà, ma solo di offrire *strumenti utili* ai concetti che ci servono nelle scienze della natura⁹⁸. È pertanto ingiustificato sostenere che gli assiomi della geometria e i principi della meccanica siano proposizioni trascendentali, date *a priori*: ciò significherebbe infatti scambiare gli strumenti, per i quali usiamo espressioni tratte dalla vecchia metafisica, con i loro contenuti particolari, che possono essere ricavati solo da una variazione analitica dell’intuizione in riferimento all’esperienza fenomenica. Dire infatti che la legge causale è “trascendentale” o data *a priori*, è come dire che dobbiamo ricorrere a un metodo induttivo per formare dei concetti, cioè a uno strumento che, ovviamente, si può applicare a tutto ciò che cade sotto i sensi e non ha quindi nulla a che fare con il presentarsi circostanziato di un fenomeno⁹⁹.

Nel distinguere le condizioni trascendentali dell’esperienza sensibile dagli assiomi spaziali, Helmholtz si manteneva ancora nel solco del kantismo, di cui, intorno alla metà del secolo, rinnovava le istanze in un senso fisiologico-simbolico¹⁰⁰. Al contrario, Heinrich Hertz – il suo maggior allievo prematuramente scomparso – sanciva una netta discontinuità con la tradizione kantiana proprio radicalizzando il significato “raffigurativo” delle teorie fisiche, di cui metteva in evidenza l’estraneità rispetto a qualsiasi tentativo di fondazione trascendentale della conoscenza. Così, se da un lato, nella *Prefazione ai Principi della meccanica* – la sua opera più importante, pubblicata postuma nell’anno stesso della morte – Hertz riconosceva il suo tributo al «bel libro di Mach sullo sviluppo della meccanica»¹⁰¹, nella lunga *Introduzione* egli delineava una concezione del rapporto tra teorie scientifiche e realtà fenomenica in cui poneva una netta distinzione tra l’*oggetto della conoscenza* e il *referimento empirico*. Il problema presentato da Hertz era infatti il seguente: dall’accumulo delle esperienze, noi ricaviamo immagini che organizziamo in un *modello*, dal cui sviluppo il pensiero trae delle con-

⁹⁸ Cfr. *ivi*, pp. 616, 621-622.

⁹⁹ Cfr. *ivi*, p. 624.

¹⁰⁰ Per un confronto tra le posizioni epistemologiche di Helmholtz e Mach, cfr. G. König, *Der Wissenschaftsbegriff bei Helmholtz und Mach*, in A. Diemer (hrsg. von), *Beiträge zur Entwicklung der Wissenschaftstheorie im 19. Jahrhundert*, Hain, Meisenheim am Glan 1968, pp. 90-104.

¹⁰¹ Cfr. H. Hertz, *Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt*, Barth, Leipzig 1894, trad. it. di A. Zampini, *I Principi della meccanica delineati in una nuova forma*, Bibliopolis, Napoli 2010, p. XXIII.

seguenze che reputa “necessarie”¹⁰². Il modello o paradigma indica la *strutturazione* dell'esperienza, descritta dall'adozione di un determinato sistema di assiomi che si tratta di svolgere secondo una certa forma logica.

Si noti che, in tale prospettiva, gli assiomi non appaiono in sé adeguati o inadeguati, ma vengono posti dall'esigenza del pensiero di offrire una *rappresentazione* della realtà che, in prima istanza, soddisfi ai requisiti della conoscibilità. La corrispondenza che si richiede non è dunque tra il pensiero e il riferimento empirico (il quale rimane nello sfondo denotativo e pre-semantico dell'esperienza), ma tra le *conseguenze delle immagini*, necessarie per il pensiero in base allo sviluppo del modello, e le *immagini delle conseguenze* che sono invece “necessarie per natura”, cioè relative agli *oggetti* così rappresentati, ma non ai *fenomeni*¹⁰³. Ciò significa che la “necessità naturale”, anziché ricorrere a un supposto isomorfismo della realtà con le leggi del pensiero, è fondata sulla capacità *proiettiva* del pensiero stesso che, a tale scopo, deve mettere alla prova e garantire la tenuta interna del modello. Infatti, l'isomorfismo presupporrebbe la *biunivocità* tra le leggi del pensiero e le leggi della realtà, cioè la possibilità di rappresentare i due sistemi l'uno sull'altro, generando così il problema del criterio d'identificazione tra sistemi isomorfici. Nella teoria kantiana della conoscenza, ciò avveniva mediante l'introduzione di un sistema astratto che, mettendo capo al raddoppiamento trascendentale del dato empirico, era volto a sancire la tenuta corrispondentistica nell'adozione di determinate “condizioni di possibilità”, comuni al pensiero e all'oggetto. Ma per Hertz tale isomorfismo richiede *più* di quanto la teoria trascendentale della conoscenza sia in grado di offrire, poiché in essa il criterio d'identità non deriva da un'effettiva coordinazione *bilaterale* dei due sistemi (il pensiero e la realtà), ma dall'elevazione di *uno* dei due termini a criterio di coordinazione, che si esplicita nell'indebita trasformazione delle stesse condizioni trascendentali (le intuizioni pure e le categorie) in contenuti semantici – per quanto non “materiali” – della conoscenza¹⁰⁴.

In questo senso, Hertz sottrae il carattere proiettivo delle immagini al compito di stabilire una puntuale corrispondenza con i fatti, riconoscendogli invece la capacità di tendere all'*univocità semantica* nell'articolazione e nello svolgimento delle rappresentazioni di cui si compone il modello, pur nella consapevolezza che – come accade in ogni modello – tale traguardo si

¹⁰² Cfr. *ivi*, p. 5.

¹⁰³ Cfr. *ibid.*

¹⁰⁴ Sui rapporti tra la teoria delle immagini di Hertz e la filosofia trascendentale kantiana, cfr. L. Guzzardi, *Il «kantismo» anomalo di Heinrich Hertz*, «Studi Kantiani», 18, 2005, pp. 117-131, in particolare pp. 118 sgg.

pone al limite di un processo di graduale approssimazione. Si tratta, infatti, di una gradualità che si articola in tre momenti, ossia: a) la *coerenza* formale o sintattica, che definisce l'ammissibilità delle immagini; b) la *correttezza* o *adeguatezza*, cioè la mancanza di conflitto con le relazioni sussistenti tra i fenomeni empirici; c) il criterio *finalistico*, che guida la selezione delle immagini tra tutte quelle che sono ammissibili e corrette in base alla perspicuità, al potere risolutivo e alla semplicità, consentendo l'eliminazione del maggior numero di relazioni superflue¹⁰⁵.

La novità della concezione paradigmatica della conoscenza, così impostata da Hertz, consiste nell'affidare alle rappresentazioni o immagini, di cui si avvalgono le teorie fisiche, due funzioni fino ad allora ritenute inconciliabili, vale a dire, da un lato, la capacità raffigurativa o "mimetica" e, dall'altro, la capacità proiettiva o semantica rispetto agli oggetti così rappresentati. Mentre la prima si sviluppa *a parte subiecti* sul piano dell'espressione e s'avvale di *relazioni esterne* (cioè tra i segni che compongono l'immagine e i fenomeni dell'esperienza), la seconda si svolge invece sul piano del contenuto e utilizza *relazioni interne*, ottenute attraverso la simbolizzazione matematica delle immagini in un senso *automorfico*. Poiché i segni, che compongono l'immagine, possono solo esprimere i fenomeni ma non sono in grado d'indicare il rapporto sussistente tra l'espressione stessa e i fenomeni, essi devono di conseguenza rinviare il compimento della relazione semantica al piano proiettivo del contenuto, che si avvale di determinati strumenti di *formalizzazione*. Così, nota Hertz, noi esprimiamo numerosi fenomeni fisici – come la velocità, l'accelerazione, ecc. – attraverso le *forme* delle equazioni differenziali integrabili, ma esse non possono realmente comparire come equazioni determinanti nei problemi del mondo della natura¹⁰⁶. Infatti, la formalizzazione implica il passaggio a un altro linguaggio che, nel caso delle operazioni al limite implicate dalle equazioni differenziali, non coincide con la datità fenomenica o percettiva, dal momento che gli "oggetti" rappresentati in tali operazioni possono essere sotto- o sovradeterminati rispetto ai dati empirici. Tuttavia, nel quadro proiettivo del modello, le immagini possono godere di coerenza, adeguatezza e perspicuità, come si addice ad ogni rappresentazione automorfica che conservi la medesima struttura dell'oggetto pur nella diversità delle funzioni di rappresentazione. L'automorfismo delle immagini conoscitive, infatti, non è altro che un isomorfismo interno o "endomorfico", in cui il senso del reale non appare di-

¹⁰⁵ Cfr. H. Hertz, *I Principi della meccanica delineati in una nuova forma*, cit., *Introduzione*, pp. 6-7.

¹⁰⁶ Cfr. *ivi*, pp. 13 e 20.

rettamente tematico (come si addice a una concezione adeguazionistica in senso stretto), ma si rivela per il contrasto *inter-immaginario* tra diverse rappresentazioni in concorrenza tra loro, oppure per lo scarto *intra-immaginario* tra due successivi momenti di sviluppo del modello, che si modifica proprio allo scopo di conservare la sua affidabilità. Distinguendo l'*adeguatezza* strutturale del modello dall'*adeguazione* delle immagini in esso contenute, che compaiono solo come parti non-indipendenti di un unico sistema o "figura" della conoscenza, Hertz salva da un lato i fenomeni, che fungono sempre da termini di confronto e di correzione delle formalizzazioni, ma dall'altro sgancia le rappresentazioni conoscitive da qualsiasi destinazione ingenuamente riprodotiva, presentandole invece come *vettori autonomi di significazione*¹⁰⁷.

In questa prospettiva, la teoria hertziana delle immagini contribuiva a risolvere un altro equivoco, che si era generato all'interno del tentativo neokantiano di rinnovamento della filosofia trascendentale di fronte agli sviluppi delle scienze fisico-matematiche nell'ultimo trentennio dell'Ottocento. Infatti, soprattutto da parte di Hermann Cohen e Paul Natorp, il riconoscimento dell'ineffettualità delle operazioni al limite per i concreti fenomeni dell'esperienza non sembrava valere per la *conoscenza* di tali fenomeni, in cui il dato empirico si risolveva in un processo ideale e infinito di graduale approssimazione¹⁰⁸. Ma, così facendo, essi confondevano gli strumenti e i metodi della conoscenza con gli oggetti stessi, cioè – per dirla con Hertz – le conseguenze delle immagini con le immagini delle conseguenze, e anziché ricercare nei fenomeni quegli aspetti noetici che potevano consentirne una "rappresentazione", essi finivano per assorbire l'estetica trascendentale kantiana, che ancora conservava nei contenuti sensibili l'eterogeneità del dato, nelle forme logiche dell'analitica. Al posto dell'isomorfismo kantiano dell'intelletto, l'idealismo logico dei neokantiani sostituiva il *monomorfismo dell'idea*, esponendosi così, in un senso ancor più rincarato, all'obiezione che alcuni anni dopo muoverà Hans Reichenbach alla filosofia

¹⁰⁷ Cfr. ivi, pp. 37-38. Sull'importanza della teoria hertziana delle immagini per le concezioni meccaniche di Mach, cfr. J. Preston *Mach and Hertz's Mechanics*, «Studies in History and Philosophy of Science», 39, 2008, pp. 91-101, in particolare pp. 93-94; M. Baç, *Structure versus Process: Mach, Hertz, and the Normative Aspect of Science*, «Journal for General Philosophy of Science», 31, 2000, pp. 39-56; H. Kleinpeter, *Ueber Ernst Mach's und Heinrich Hertz' principielle Auffassung der Physik*, «Archiv für systematische Philosophie», V, 1899, pp. 159-184.

¹⁰⁸ Cfr. H. Cohen, *Das Prinzip der Infinitesimal-Methode und seine Geschichte. Ein Kapitel zur Grundlegung der Erkenntniskritik*, Dümmeler, Berlin 1883, pp. 125, 132, 144; P. Natorp, *Die logischen Grundlagen der exakten Wissenschaften*, Teubner, Leipzig und Berlin 1910, pp. 16 sgg.

critico-trascendentale, vale a dire che essa, anziché analizzare la *conoscenza* per andare alla ricerca delle sue condizioni, sia andata alla ricerca della *ragione*¹⁰⁹.

Tuttavia, simili fraintendimenti non colpiscono l'intero movimento neokantiano che si sviluppa a partire dalla metà del secolo. Infatti, a parte il neokantismo fisiologico di Helmholtz, proprio agli inizi del movimento si manifestano tendenze diverse o, in ogni caso, non in linea con il successivo "idealismo logico" della Scuola di Marburgo. Così, nella sua *Storia critica del materialismo*, esaminando i presupposti delle più recenti teorie fisiche, Friedrich Albert Lange – in un modo non dissimile da Hertz – mette in rilievo che «i giochi dell'immaginazione non servono a ingannare l'intelletto, ma piuttosto a guidarlo e a sostenerlo, secondo la massima profondamente radicata nella teoria della conoscenza che solo il rigoroso svolgimento di ciò che può essere reso in un'intuizione sensibile è in grado di proteggere la nostra conoscenza dal gioco ben più pericoloso che si fa con le parole»¹¹⁰. Per Lange, infatti, le conoscenze fisiche non si riducono a relazioni concettuali, ma si avvalgono d'immagini che, in un certo senso, configurano sensibilmente ciò che non può passare attraverso i sensi, come le nozioni di forza e di materia quando vengono rappresentate nella forma di pressioni, urti, ondulazioni e corpi elastici¹¹¹. Tuttavia, la tendenza della meccanica è di svalutare la capacità conoscitiva di queste immagini, finendo anzi per risolversi nel solito schema attributivo del concetto, che lega una sostanza (la materia) alle sue manifestazioni (la forza), e poiché la sostanza non è altro che l'oggetto d'indagine con le sue proprietà – ovvero il "soggetto concettuale" di un giudizio – sorge la convinzione che «non possiamo conoscere altrimenti da come ce lo concedono i concetti originari del nostro intelletto»¹¹².

Tra questi concetti originari rientra anche quello di *causa* che, al pari della sostanza, viene presentato come una categoria dell'intelletto. In tal

¹⁰⁹ Cfr. H. Reichenbach, *Relativitätstheorie und Erkenntnis apriori*, Springer, Berlin 1920, trad. it. di S. Ciolli Parrini e P. Parrini, *Relatività e conoscenza a priori*, Laterza, Bari 1984, p. 123: «È certamente esatto che la natura della conoscenza sia determinata dalla ragione; ma in che cosa consista l'influsso della ragione può sempre solo di nuovo esprimersi nella conoscenza, non nella ragione. E non si può nemmeno avere un'analisi logica della ragione, poiché la ragione non è un sistema di enunciati compiuti, ma una *facoltà* che diviene fruttuosa solo nell'applicazione ai problemi concreti».

¹¹⁰ Cfr. F.A. Lange, *Geschichte des Materialismus und Kritik seiner Bedeutung in der Gegenwart*, Zweites Buch: *Geschichte des Materialismus seit Kant*, Baedeker, Iserlohn 1866, 1877³, trad. it. di A. Treves, *Storia critica del materialismo*, II: *La filosofia moderna e il materialismo*, Monanni, Milano 1932, p. 203.

¹¹¹ Cfr. ivi, pp. 217-218.

¹¹² Cfr. ivi, p. 221.

modo, però, viene a cadere proprio l'aspetto relazionale che tali categorie intendono esprimere, dal momento che esse non si fissano sui *rapporti* tra i fenomeni, ma su *termini* assunti a priori che dovrebbero già contenere in sé, analiticamente, il significato di tali rapporti – come se uno, guardando la propria retina, pretendesse di conoscerne le funzioni prima che queste si siano manifestate nell'esperienza¹¹³. A tal riguardo, Lange osservava come l'assunzione della materia e della forza quali termini fondamentali di ogni relazione fisico-meccanica si basasse su una sorta di *modus ponens* che procede dalle condizioni concettuali alle conseguenze, trascurando il fatto che «resta sempre la possibilità che le medesime conseguenze risultino da presupposti totalmente differenti»¹¹⁴. Si trattava dunque di un'inferenza camuffata, dato che a fondamento della formulazione ipotetico-deduttiva veniva posto in realtà il *giudizio categorico*, estraneo ad ogni riscontro empirico, secondo cui la forza appare come «un'emanazione e, per così dire, uno strumento della materia»¹¹⁵.

Le considerazioni di Lange, che pur s'inserivano nel quadro problematico tracciato dalla teoria kantiana della conoscenza, aprivano così una breccia all'interno della stessa tradizione kantiana, sollecitandola non tanto ad *adattarsi* allo sviluppo delle scienze fisico-matematiche attraverso l'emendazione di alcune sue parti o l'"ampliamento" del trascendentale, ma a promuovere una radicale riformulazione dell'intero assetto conoscitivo. In tal senso, Lange oltrepassava l'esigenza, fatta valere da Helmholtz, di una semplice "sostituzione" degli assiomi delle conoscenze fisiche aggiornata secondo le più recenti indagini sperimentali e, richiamandosi a Mach, rivendicava il fatto che la decisione a tal riguardo avrebbe dovuto spettare all'*osservazione circostanziata* dei fenomeni, cioè a quell'unico terreno in cui sarebbe stato possibile stabilire se, ad esempio, «l'ipotesi di uno spazio a-vente più di tre dimensioni debba, nel caso particolare, risultare una spiegazione più chiara e soddisfacente»¹¹⁶.

A conclusione della sua indagine, Lange – in modo simile a Mach – affrontava la questione del principio di *conservazione della forza*, chiedendosi come mai nella fisica moderna tale principio fosse subentrato al posto del principio di conservazione della materia che, a partire da Democrito, era sempre stato al centro di ogni forma di materialismo¹¹⁷. Su tale questione, notava Lange, si scontra un'esigenza ontologica, legata alla pretesa "stabili-

¹¹³ Cfr. *ivi*, p. 222.

¹¹⁴ Cfr. *ivi*, p. 226.

¹¹⁵ Cfr. *ivi*, p. 221.

¹¹⁶ *Ivi*, p. 230.

¹¹⁷ Cfr. *ivi*, p. 231.

tà” della sostanza, e un’esigenza conoscitiva, connessa invece all’*effetto* con cui tale stabilità si manifesta, vale a dire la *forza*. In altri termini, il materialismo moderno, pur riconoscendo la necessità di una base sostanziale della realtà, aveva dovuto cedere – pur senza riconoscerlo – all’evidenza fenomenica che la materia si rivela solo nelle sue proprietà fenomeniche, e poiché tali proprietà non sono altro che le qualità mutevoli che appaiono a una coscienza, ne consegue che la sostanza materiale delle cose è solo «il punto di appoggio ignoto, ma scelto come guida dal nostro pensiero»¹¹⁸. Infatti, «tutto si conserva e nulla si conserva secondo il punto di vista nel quale mi colloco nella contemplazione dei processi», sicché anche ciò che intendiamo con la permanenza della forza «non è nient’altro che una concezione comoda»¹¹⁹. Ma se è così, allora la nozione di forza «sottrae ai materialisti il suolo sul quale camminano», e gli sforzi fatti per ricostruirlo non potranno che imboccare la via indicata da Helmholtz, ossia «ritornare quasi alla concezione aristotelica della materia»¹²⁰. I casi sono infatti due: o la materia è in sé qualcosa di passivo e di inerte, cioè una “sostanza” in senso improprio, e allora essa non potrà mai sviluppare una forza, ma solo riceverla da una forma esterna; oppure la materia è attiva in quanto si risolve nel *corpo* della “cosa”, vale a dire nella “materia esistente”, ma allora la forza nasce da un’astrazione, in quanto la “cosa” è solo un indice per un gruppo di fenomeni connessi, incluse le “manifestazioni dinamiche” che noi concepiamo in maniera unitaria non a causa di un predeterminato vincolo ontologico, ma per una semplice necessità psichica¹²¹.

In questo senso, per Lange risultano vani anche i tentativi di Gustav Fechner di dare alla materia un valore indipendente dalla forza, definendola come ciò che si fa sentire al *tatto*¹²². Infatti, il tatto rappresenta qualcosa di passivo rispetto a una preesistente sostanza materiale solo se lo cogliamo dal lato soggettivo della sensazione, mentre se ce lo raffiguriamo come un fenomeno fisico esso non esprime altro che una forza di resistenza attiva e

¹¹⁸ *Ibid.*

¹¹⁹ Ivi, p. 232.

¹²⁰ Ivi, p. 233.

¹²¹ Cfr. ivi, p. 235. Sulla convergenza tra Lange e Mach riguardo alla nozione di “cosa”, cfr. S. Edgar, *The Limits of Experience and Explanation: F.A. Lange and Ernst Mach on Things in Themselves*, «British Journal for the History of Philosophy», 21, 1, 2013, pp. 100-121.

¹²² Cfr. G.Th. Fechner, *Elemente der Psychophysik*, Erster Teil, Breitkopf und Härtel, Leipzig 1860, pp. 211 sgg. Su ciò, cfr. J. Paulsen, *Der Begriff der Empfindung bei Fechner*, Inauguraldissertation, Marburg 1907, pp. 19 sgg. Sul rapporto tra la psicofisica fechneriana e le concezioni neokantiane, cfr. M. Giovanelli, *The Sensation and the Stimulus: Psychophysics and the Prehistory of the Marburg School*, «Perspectives on Science», 2017; 25, 3, 2017, pp. 287-323, in particolare pp. 290-291.

inversa alla forza opposta della pressione, sicché le due forze sono esattamente equivalenti dal punto di vista fenomenico¹²³. In realtà, dalle giuste obiezioni di Fechner contro l'idea di forza come termine indipendente, noi non ricaviamo affatto l'indipendenza e l'originarietà della materia, ma solo la dipendenza o il carattere ausiliare di entrambi i termini rispetto a un semplice *rapporto reversibile tra fenomeni*. D'altra parte, non si può risolvere la questione ponendo una *legge* a fondamento di tali fenomeni, giacché la legge rappresenta solo un termine astratto e altrettanto ausiliare per esprimere *l'insieme dei rapporti* di un certo gruppo di fenomeni¹²⁴.

Tutti i tentativi di rendere indipendenti le "rappresentazioni costruibili" (come notava Gauss a proposito della propagazione della forza nello spazio), sono dunque destinati allo scacco, poiché da ultimo non rimane né materia né forza, ma solo il *movimento*, che si riduce così a «ciò che si muove nello spazio»¹²⁵. In tale prospettiva, Lange non negava l'esigenza d'introdurre determinati "agenti" delle relazioni fenomeniche – ad esempio gli atomi – e di trattarli come cose reali, a condizione però che il senso di tali realtà fosse mantenuto all'interno della teoria della conoscenza e dei suoi presupposti esplicativi¹²⁶. Infatti, solo su questo terreno le immagini della realtà possono aiutarci a conoscere i fenomeni e, al tempo stesso, a respingere ogni deriva scettica che, già da tempo, stava maturando nell'ambito stesso del kantismo¹²⁷.

1.4. I principi meccanici

Le indagini critiche sui fondamenti delle conoscenze meccaniche avevano dunque già preparato il terreno per una radicale revisione dei principi meccanici, cioè di quelle proposizioni che, pur traendo origine dalle più elementari osservazioni empiriche, si ponevano come assunzioni autoevidenti, da cui prendeva spunto la spiegazione dei fenomeni¹²⁸. Si trattava così, per Mach, non solo di raccogliere le indicazioni critiche provenienti da tali indagini, ma di comprendere le motivazioni particolari da cui nascevano le

¹²³ Cfr. Cfr. F.A. Lange, *Storia critica del materialismo*, II: *La filosofia moderna e il materialismo*, cit., p. 236.

¹²⁴ Cfr. *ivi*, pp. 237-238.

¹²⁵ *Ivi*, p. 238.

¹²⁶ Cfr. *ivi*, p. 239.

¹²⁷ Per una breve ma efficace presentazione dei motivi scettici conseguenti all'impostazione kantiana del problema della conoscenza, e confluiti anche nelle speculazioni degli "epigoni" Gottlob Ernst Schulze e Salomon Maimon, cfr. G. Rensi, *Lo scetticismo*, Athena, Milano 1926, pp. 95 sgg.

¹²⁸ Cfr. MSC, p. 43.

assunzioni di principio, cercando al tempo stesso di svelarne gli errori logici e i presupposti impliciti, spesso derivanti da esigenze estranee all'attività conoscitiva. A tal fine, non bastava riferirsi alle impostazioni della meccanica classica, così come si era sviluppata nell'Età moderna, ma era necessario risalire alle fonti del modo di pensare meccanico, mostrando ciò che si nasconde al di sotto delle più semplici e immediate descrizioni dei fenomeni, a partire dalle esperienze quotidiane¹²⁹.

Ora, nella storia della meccanica le prime ricerche riguardano la *statica*, cioè la teoria dell'equilibrio, ed è ad Archimede che si devono i teoremi relativi alla leva e al centro di gravità. Tali teoremi derivano da un'assunzione considerata come *immediatamente evidente*, vale a dire che, quando un sistema è simmetrico nelle sue componenti fondamentali – i pesi e le distanze –, non si verifica *alcun* fenomeno, cioè non vi è una *ragione sufficiente* per un cambiamento di stato che comporti la comparsa di una variazione da cui sorge la percezione della realtà¹³⁰. Così, da una configurazione in cui *nulla accade*, si ricava che *qualcosa accade* quando vien meno la simmetria, e da ciò si *dimostra* la proporzionalità inversa tra pesi e distanze¹³¹. Mach nota però che tale dimostrazione non serve a garantire la conoscenza del fenomeno e quindi a formularne la legge, poiché tale legge è *già contenuta* nell'ipotesi di partenza, la quale ha preventivamente determinato in modo *univoco* il significato del fenomeno – ad esempio nella determinazione del centro di gravità –, prescindendo da tutte quelle caratteristiche (forma, colore, ecc.) che, in modo implicito, sono considerate come irrilevanti¹³². In realtà, *qualcosa è accaduto* nel principio evidente dell'equilibrio, e se si assume la simmetria come punto di partenza privilegiato della deduzione, cioè è dovuto al fatto che tendiamo a riferirci alla simmetria del nostro corpo come punto d'osservazione da cui ha inizio la variazione¹³³.

Ora, l'equilibrio simmetrico non è che un caso particolare di un insieme di fenomeni, dato che anche l'asimmetria è solo un aspetto di quel “momento statico” ($P \times L$) che, *sinteticamente*, è stato elevato a “principio” dell'esperienza. Poiché, dunque, l'equilibrio include non solo il caso simmetrico, ma anche quello asimmetrico – infatti anche il peso che si sposta verso il basso definisce uno stato di equilibrio $P \times L$ rispetto a quello che viene spostato in alto dal lato opposto del fulcro –, non si può pretendere di *dimo-*

¹²⁹ Cfr. MSC, pp. 35-38. Si veda anche, a tal riguardo, A. D'Elia, *Ernst Mach*, La Nuova Italia, Firenze 1971, pp. 137 sgg.

¹³⁰ Cfr. MSC, pp. 43-44.

¹³¹ Cfr. MSC, p. 47.

¹³² Cfr. MSC, p. 44.

¹³³ Cfr. *ibid.*

strare il secondo a partire dal primo, ma si può solo svolgere analiticamente un punto di partenza che ha un origine *sintetica*¹³⁴. Perciò, il fatto che non si possa *sapere a priori* che cosa accadrà se varia la simmetria, ma si debba apprendere dall'esperienza che in effetti *qualcosa accade*, è esattamente equivalente al fatto che non si può sapere *a priori* che *nulla accade* quando la configurazione è simmetrica, sicché la ragione per cui privilegiamo un tale "principio" e da esso deduciamo l'altro come un teorema non è di ordine logico o fisico, ma solo fisiologico o psicologico, cioè attinente alle condizioni e agli scopi particolari in cui si svolge l'esperienza.

Se infatti la quiete e il moto – così come la simmetria e l'asimmetria – non sono configurazioni ontologiche separate, la maggiore fecondità o utilità di una spiegazione che parta dall'una anziché dall'altro non riguarda *l'ordine logico delle relazioni* in cui si presenta un insieme di fenomeni. In realtà, ciò che è comunemente accettato come familiare, immediato, noto e ripetitivo tende ad assumere il ruolo di un principio¹³⁵; ma se si modifica il punto di vista e, nell'esempio della leva, anziché una prospettiva frontale se ne assume una laterale, allora anche il caso asimmetrico risulta in quiete e il movimento viene percepito come avvicinamento al fulcro, fino a coincidere con esso¹³⁶. In conclusione, ogni assunzione di principio fa uso di un certo numero di ipotesi sottaciute che, con determinate aggiunte o variazioni, possono trasformare il principio in *teorema* e viceversa.

In questo senso, nota Mach, tutte le prese di posizione a favore della "deduzione" archimedeo – come quelle svolte da Otto Hölder e Giovanni Vailati¹³⁷ – non toccano la questione di fondo, vale a dire che «non è possi-

¹³⁴ Cfr. MSC, pp. 47, 51.

¹³⁵ Cfr. MSC pp. 38-39.

¹³⁶ Cfr. MSC, p. 47.

¹³⁷ Cfr. O. Hölder, *Anschauung und Denken in der Geometrie*, Akademische Antrittsvorlesung gehalten am 22. Juli 1899, Teubner, Leipzig 1901; G. Vailati, *La dimostrazione del principio della leva data da Archimede nel libro primo sull'equilibrio delle figure piane* (1904), in Id., *Scritti*, Barth, Leipzig/Seeber, Firenze 1911, pp. 497-502. Secondo Vailati, infatti, «l'accusa di *Scheimbeweis* applicata a tale procedimento per il fatto che in esso si parte dalla considerazione di un caso particolarissimo di equilibrio, quello cioè di due gravi di egual peso applicati ai due estremi di una bilancia, per arrivare a determinare le condizioni di equilibrio per tutta una classe più generale di casi, non mi sembra per nulla più giustificata di quanto sarebbe, per esempio, l'obiettare in geometria alla dimostrazione d'una proposizione sui poligoni il suo esser basata sulla considerazione delle proprietà dei triangoli. E l'asserzione, che nelle premesse di Archimede sia già implicitamente contenuta la conclusione che egli ne deduce, sembra a me esser vera solo nel senso in cui è vera di qualsiasi dimostrazione delle scienze matematiche, in quanto in ciascuna di queste la verità della proposizione, che si dimostra, compare come una semplice conseguenza di opportune operazioni di scelta, di concatenamento, di coordinazione eseguite sulle proposizioni fondamentali che si sono poste a base della tratta-

bile dimostrare che la natura dev'essere così com'è», né si possono «scoprire di sana pianta delle proprietà della natura con l'aiuto di ipotesi in sé evidenti, senza che queste siano ricavate dall'esperienza»¹³⁸. Se un fenomeno è in relazione a un altro secondo un certo rapporto di dipendenza, si può sempre invertire il rapporto con uno scambio di posto delle variabili. Così, se sappiamo che $y = 2x$, sappiamo anche che $x = \frac{1}{2}y$, e ciò non ha nulla a che fare con un atteggiamento relativistico o soggettivistico riguardo al punto di vista, ma dipende solo da una *connessione di struttura* che traccia l'ambito di validità della relazione, ossia dell'insieme delle circostanze considerate. Al contrario, è proprio l'assunzione del principio a rendere *soggettivo* il punto di vista, poiché, non esplicitando il procedimento sintetico secondo cui esso viene affermato, si è costretti a imporre la sua validità attra-

zione. Il che, per usare un celebre paragone aristotelico, è tanto lungi dal diminuire il pregio della loro scoperta e della loro prova quanto sarebbe lungi dal diminuire il merito di uno scultore il dire che la statua da lui creata era già contenuta nel blocco di marmo da cui l'ha tratta, e che egli non ha fatto che levare da questo le parti superflue» (*La dimostrazione del principio della leva*, cit. p. 502). Ma, per Mach, in una tale contro-obiezione sono contenuti argomenti equivoci, che confondono i piani in cui si svolge il tentativo archimedeo di “dimostrazione”. Posto che, in determinate circostanze sperimentali, sia utile e valido ricondurre i casi più complessi e meno evidenti a quelli che si ritengono più semplici ed evidenti (cfr. MSC, p. 53), ciò non tocca la forma logica dell'argomentazione di Archimede, che, in primo luogo, non è del tutto riconducibile a ciò che avviene all'interno del sapere geometrico-matematico e, anche se così fosse, si tratterebbe di vedere se il metodo deduttivo in cui si svolge tale sapere sia un'autentica “dimostrazione” che richiede – come ha insegnato Aristotele – un effettivo “distacco” della conclusione dalle premesse. Ma la risposta stessa è contenuta proprio nelle precisazioni di Vailati: il principio dell'equilibrio simmetrico, in cui nulla accade, non è un *caso paradigmatico* come quello del triangolo rispetto ai poligoni, ma solo un *caso particolare* o un “termine” in un insieme relazionale che include il principio stesso e i suoi presunti “teoremi”. Quanto poi al paragone con l'opera dello scultore e il blocco di marmo – al di là dell'indebito coinvolgimento di nozioni metafisiche, come il rapporto tra forma e materia – essa confonde logicamente la possibilità illimitata di forme che può ricevere il marmo (dato che non c'è alcun rapporto “formale” tra forma e materia) e la possibilità infinita di variazione di un'equazione che, come nel caso del momento statico ($P \times L = \text{costante}$) si svolge comunque all'interno dei limiti definiti dalla famiglia di funzioni rappresentata da $P \times L$, il cui *significato* può essere ricavato solo da un sistema empiricamente interpretato, e non dalla pura forma dell'espressione simbolica. Per una più recente difesa della dimostrazione di Archimede rispetto alle obiezioni di Mach, cfr. E.J. Dijksterhuis, *Archimedes*, Noordhoff, Groningen 1938, trad. it. di G. Baroncelli, M. Bucciantini, M. Porta, *Archimede*, Ponte alle Grazie, Firenze 1989, pp. 236-238, che però in sostanza ribadisce, sebbene con una formulazione più sofisticata, le stesse argomentazioni di Vailati, confondendo un sistema deduttivo non interpretato, che regola la manipolazione dei simboli all'interno delle espressioni matematiche, e un sistema interpretato o applicato all'esperienza, in cui risulta invece legittimo porsi il problema della verità e della falsità.

¹³⁸ Cfr. MSC, pp. 53 e 101.

verso una generalizzazione induttiva per enumerazione semplice: ciò che vale per ripetizione, familiarità e utilità in una certa situazione viene esteso, senza restrizioni, ad ogni situazione *simile* o connessa per qualche similarità preventivamente stabilita. In tal modo, però, si spezzano i confini dell'esperienza e la legge, anziché essere spiegata, viene semplicemente riprodotta ad ogni passaggio in base a criteri già soggettivamente pregiudicati.

Secondo Mach, il metodo dimostrativo adottato dalla meccanica archimedeica viene ripreso, con certe variazioni, anche nella meccanica moderna, come nel caso della dimostrazione della falsità del *perpetuum mobile* a partire dal principio del piano inclinato di Stevin, oppure nello sviluppo del principio di composizione delle forze di Newton e Varignon, o ancora nella deduzione di tutte le leggi della statica secondo il principio degli spostamenti virtuali da parte di Lagrange¹³⁹. Poiché – come ha evidenziato Gauss – tali deduzioni non sono altro che proiezioni astratte di osservazioni empiriche esposte in ordine storico¹⁴⁰, le ragioni da cui sorgono non sono quelle evidenziate dai loro sostenitori, ma hanno un'origine eminentemente *economica*, volta cioè al risparmio, alla conservazione e alla comunicazione di ciò che si è compreso in base alle esperienze del passato o di altri studiosi che hanno svolto ricerche simili. La facilità, la chiarezza e l'ordine delle sequenze deduttive costituiscono perciò il vero *reticolo logico* di fondo in cui si tenta d'inquadrare le novità che l'esperienza più accurata – anche per merito dei progressi tecnologici – offre all'indagine conoscitiva¹⁴¹.

Da questo punto di vista, la legge non è una generalizzazione in grado di abbracciare l'intero fenomeno, ma è solo un *abbozzo schematico* in cui rientra ciò che è stato “messo alla prova” in determinate circostanze¹⁴². Ciò non toglie che ogni legge abbia in sé un peculiare valore logico, ma tale valore non può essere confuso con la *prova di principio* della sua validità, com'è testimoniato da Galileo, che non cerca alcuna dimostrazione degli spostamenti virtuali¹⁴³. Il mancato riconoscimento che *tutte le osservazioni empiriche sono di uguale valore*, porta la scienza fisica a cercare «un rigore falso e assurdo» nel giudicare alcune proposizioni come se fossero *più* certe e neces-

¹³⁹ Cfr. MSC, pp. 57-99.

¹⁴⁰ Cfr. MSC, p. 101.

¹⁴¹ Cfr. MSC, p. 94: «Il fatto che certi fenomeni siano più familiari e più vicini alla nostra esperienza ci spinge ad accettarli senza analizzarli in modo adeguato, e a prenderli come fondamento delle nostre dimostrazioni, senza aver del tutto compreso il loro contenuto. [...] In tutti i fatti osservati *troviamo sempre*, in modo chiaro, un principio che non è *dimostrato*, ma di cui abbiamo constatato l'*esistenza*».

¹⁴² Cfr. MSC, p. 102.

¹⁴³ Cfr. MSC, p. 104.

sarie di altre, mentre ad esse spetta un grado di certezza uguale o talvolta persino minore¹⁴⁴. Ora, il fatto che il grado di certezza non possa essere semplicemente ricavato dall'insieme dei fenomeni volta per volta considerati, ha due importanti conseguenze: se ogni nuovo fenomeno di cui si fa esperienza rientra nella stessa specie degli altri, come un punto diverso nella medesima connessione funzionale, il suo momento sintetico si riduce solo a una crescita analitica della certezza; se invece esso non vi rientra, subentra allora una *nuova legge* che stabilisce una discontinuità con la precedente, sicché il "cambiamento" della struttura formale – secondo il modello dell'"evoluzione" scientifica" – è in realtà una *sostituzione*¹⁴⁵.

Da ciò si capisce anche come il riferimento alla genesi *soggettiva* dei concetti e delle leggi non comprometta affatto la loro "oggettività", né ostacoli una più adeguata comprensione della loro particolare "apriorità". Che una legge sia sempre *a posteriori*, cioè che non sia precedente nel tempo né indipendente dall'esperienza, non tocca infatti il suo significato conoscitivo, poiché non possiamo immaginare una legge che riguardi i fenomeni ma sia del tutto separata da essi: se togliamo i fenomeni, la legge si riduce a un insieme di *simboli non interpretati* che possono valere per *qualsiasi* cosa si ponga al posto delle loro variabili, così come, togliendo tutte le proprietà da una sostanza, rimane solo un fondamento vuoto che può accogliere *ogni* proprietà. Ciò che diciamo "apriori" si mostra pertanto come una *conoscenza istintiva*, ossia «come qualcosa alla cui formazione pensiamo di non aver minimamente contribuito, qualcosa di estraneo e di libero da ogni soggettività, che però abbiamo sempre sottomano, che ci è più vicino di quanto lo siano i singoli fenomeni della natura»¹⁴⁶. D'altro canto, la legge fisica contiene la variabile temporale nella sua formulazione, ma tale variabile ha lo stesso significato di tutte le altre, è cioè solo un *segno* che può essere rimpiazzato da altri – ad esempio, da segni di spazio – mediante determinate regole di trasformazione; essa non ci dice nulla sul *tempo del fenomeno* a cui la legge si applica. Di nuovo, quindi, oggettività e apriorità non sono qualificazioni che riguardano termini, ma indicano delle modalità relazionali la cui semantica può essere stabilita e compresa considerando la loro genesi soggettiva.

A tal riguardo, Mach nota come il misconoscimento di questa base soggettiva (da non confondersi con il fondamento *soggettivistico* da cui muove ogni assunzione di principio) sia motivato dal timore di compromettere la

¹⁴⁴ Cfr. MSC, p. 105.

¹⁴⁵ Cfr. MSC, p. 103.

¹⁴⁶ MSC, p. 105.

certezza e l'oggettività della conoscenza e come ciò si rifletta anche sulla netta separazione – del tutto ingiustificata – tra i principi fisici della statica e quelli della dinamica¹⁴⁷. Tradizionalmente, infatti, la statica è la descrizione del movimento in base alla *posizione* dei punti e dei corpi nello spazio, prescindendo dalla forza che genera il movimento stesso. Poiché la nozione dinamica di “forza” richiama alla mente le qualità occulte insite nelle “potenzialità” di un ente che non si possono ridurre a una semplice descrizione, la sua esclusione dalla statica mira a garantire l'oggettività della spiegazione rivolta ai dati dell'esperienza. Ma, in realtà, una forza genera un movimento solo se viene considerata *in sé* come *causa* di un certo effetto, mentre nell'insieme delle circostanze che configurano un quadro d'equilibrio diverse forze possono *agire insieme* senza produrre alcun movimento o effetto¹⁴⁸. In ogni configurazione statico-descrittiva è dunque già incluso un elemento dinamico da cui la comprensione del fenomeno non può prescindere; ma a tale scopo non è necessario ricorrere alle misteriose proprietà di un ente, poiché nessuna proprietà dinamica o descrizione statica potrà assumere un significato senza far riferimento alla pressione, all'intensità e alla direzione che riguardano le nostre sensazioni, gli atti volontari o le condizioni che definiscono il nostro sistema nervoso¹⁴⁹.

L'obiezione che, così facendo, si sostituisce una spiegazione animistica a una metafisica, vale solo se per “anima” s'intende un equivalente metafisico della “sostanza” o della “materia” delle cose, mentre non ha alcun valore se si tratta di rifiutare l'unico modo in cui, a partire dall'esperienza, possiamo rappresentarci un corpo fermo, in movimento o in accelerazione. In ultima istanza, non v'è ragione di respingere queste rappresentazioni in quanto *soggettive*, «condannando così se stessi a una volontaria povertà»¹⁵⁰, poiché è proprio in base ad esse, nella loro ripetizione e conservazione nella memoria, che abbiamo potuto rappresentarci le forze e i movimenti come *grandezze omogenee* attraverso indici simbolici e misurazioni. Così, ad esempio, «il peso misurabile» – come sostituto della pressione o della forza che avvertiamo – «ci rende nella trattazione dei fenomeni meccanici lo stes-

¹⁴⁷ Cfr. MSC, p. 106.

¹⁴⁸ Cfr. *ibid.*

¹⁴⁹ Quest'aspetto dinamico, che congiunge il sistema fisico del corpo vivente con la sua struttura biologica e fisiologica, è stato evidenziato – anche sulla scorta delle osservazioni di Mach e Avenarius – da Carl Hauptmann, *Die Metaphysik in der modernen Physiologie. Eine kritische Untersuchung*, Fischer, Jena 1894, pp. 317 sgg.

¹⁵⁰ MSC, p. 106.

so servizio che, nella trattazione dei fenomeni termici, ci rende il termometro, dando un *sostituto* esatto delle nostre sensazioni di calore»¹⁵¹.

Accogliendo il rilievo di Pierre Duhem, secondo cui «la cultura scientifica moderna è legata a quella antica molto più profondamente di quanto di solito si ammetta»¹⁵², Mach evidenzia come l'apparato logico-critico dei Greci, che già fornisce ai moderni una concezione complessiva dell'universo, consenta a Galileo di sviluppare in condizioni favorevoli le ricerche sulla dinamica senza derivarle dai "principi" della statica, ma traendole dall'osservazione diretta degli stessi fatti da cui era stata ricavata la teoria dell'equilibrio¹⁵³. Infatti – nota Mach – Galileo non muove da una *teoria delle forze*, ma dalla constatazione che, nel movimento di caduta di un corpo, si rivelano particolari *relazioni* tra le accelerazioni e le successioni dei tempi che vengono considerati. Tali relazioni non sarebbero comprensibili se, nello sviluppo del fenomeno, si dovesse considerare ogni volta la particolare "natura" della forza espressa; Galileo procede quindi secondo il *metodo della continuità*, «consistente nel *variare nel pensiero* le circostanze di un caso particolare e tenendo ferma, al tempo stesso, l'idea *già* formulata su di esso»¹⁵⁴.

Questo *esperimento mentale* – su cui Mach insiste costantemente in tutti i suoi scritti¹⁵⁵ – consente di non fermarsi alle sensazioni, dando ad esse quel significato conoscitivo che mancherebbe se fossero lasciate da sole. Se, ad esempio, avvertiamo una pressione, da cui pure proviene il senso immediato della forza, non possiamo ricavare da essa la nozione di movimento, né il fatto che tale movimento sia in realtà un'*accelerazione*. Infatti, anche le differenze percepite di temperatura provocano pressioni e cambiamenti, che però non sono accelerazioni, ma *velocità di compensazione*¹⁵⁶. In ogni caso, la sensazione di pressione è una condizione psichica non sempre connessa a un solo tipo di effetto fisico, e in alcuni casi di allucinazione nemmeno ad uno. Per *identificare* la sensazione dobbiamo così variare, rispetto al *momentum* sensibile presente, il contenuto del ricordo di sensazioni passate che costituiscono la base per adattare lo stato psichico attuale al feno-

¹⁵¹ MSC, p. 107.

¹⁵² Cfr. MSC, p. 107; P. Duhem, *Les origines de la statique*, 2 voll., Hermann, Paris 1905-1906, vol. I, pp. II-III.

¹⁵³ Cfr. MSC, pp. 149, 151.

¹⁵⁴ MSC, p. 161.

¹⁵⁵ Cfr., in particolare, CE, pp. 180-196. Si veda, a tal riguardo, M. Buzzoni, *Ernst Mach interprete di Pierre Duhem. Valore e limiti della sperimentazione mentale*, in P. Gori (a cura di), *Ernst Mach tra scienza e filosofia*, cit., pp. 151-169; A. Teghil, *La concezione dell'esperimento mentale in Ernst Mach*, Forum, Udine 2016, pp. 99 sgg.

¹⁵⁶ Cfr. MSC, p. 163.

meno fisico. Si tratta di un *processo di convergenza al dato* che consente non solo di eliminare le condizioni irrilevanti, ma anche di chiarire che non c'è alcun "evidenza" riguardo alla natura in sé della forza, come quando si indica la forza di gravità come *causa* costante dell'accelerazione di un corpo, mentre è proprio dalla *forma specifica* di tale accelerazione, ottenuta mediante la variazione delle esperienze, che si è formulata la costante gravitazionale¹⁵⁷.

Se il dato assume un significato solo all'interno di un *processo di variazione delle esperienze*, non vi è un momento privilegiato o indipendente della convergenza, poiché ogni variazione può essere, nella sua ampiezza, diminuita, aumentata o resa reversibile¹⁵⁸. Da ciò consegue come anche la teoria del "luogo naturale" di un corpo non sia in sé errata, ma indichi solo un modo in cui la variazione è stata delimitata, cioè la quantità e il genere di esperienze che vengono in tal caso considerate. Così, l'accelerazione di *gravità* verso la Terra, che rimpiazza in epoca moderna la teoria dei luoghi, verificandosi *sempre e per ogni variazione*, abbraccia un dominio più vasto di fenomeni e, dal momento che la terra è a sua volta un corpo, tale dominio può essere ulteriormente esteso e reso *reversibile*, in modo da concepire persino la Terra stessa come qualcosa che "cade" verso altri corpi. Ciò consente, come nel caso della statica, d'intendere il rapporto che si stabilisce tra la legge d'inerzia e la dinamica delle forze. Per Newton, l'inerzia si presenta come una *legge indipendente*, connessa alle proprietà della materia e al suo "stato" di quiete o di moto costante; tuttavia, essa è in realtà già contenuta nella nozione galileiana di accelerazione, poiché, una volta stabilito che solo la forza determina l'accelerazione, «va da sé che, dove non vi è forza, non possa nemmeno sussistere una variazione di velocità»¹⁵⁹.

In questo senso, l'esperienza mentale, da cui trae origine la variazione delle esperienze, non dev'essere inteso come se il lato gnoseologico della rappresentazione determinasse il lato ontologico degli oggetti. Infatti, quando il pensiero *idealizza* il dato ricavandone una legge, non vincola il fenomeno alle sue proprietà o alla sua "natura", per la semplice ragione che esso non ha una natura fisica, fisiologica o psicologica che sia *descrivibile* – cioè riproducibile in *proposizioni* sensate – indipendentemente dai suoi oggetti. Credere che vi sia un pensiero che, con le sue "forme", connota o costituisce il dato, significa condannare il fenomeno a polo denotativo della coscienza, ossia a quella stessa reificazione che, dall'altro lato, identifica le

¹⁵⁷ Cfr. MSC, p. 162.

¹⁵⁸ Cfr. anche CE, pp. 198-199.

¹⁵⁹ MSC, p. 164.

attività mentali con le “proprietà” di una sostanza pensante. Questo fraintendimento nasce quando la correlazione o la “funzione di rappresentazione” viene ridotta ai contenuti o alle particolari *costanti* che, di volta in volta, saturano con i loro *valori* le variabili della relazione conoscitiva. Nelle leggi della dinamica, tutto ciò si traduce nello smembramento di un unico fatto (l’unità della funzione di variazione) in due fatti distinti (l’inerzia e l’accelerazione), sicché «la stessa cosa viene ripetuta due volte», pretendendo che, in tal modo, la conoscenza del fenomeno ne risulti rafforzata. Ma se diciamo che l’inerzia esprime il fatto che “l’effetto di una causa persiste”, ciò equivale a dire che, quando cessa la forza, di cui l’accelerazione è l’effetto, cessa anche l’effetto; solo che nella prima proposizione con “effetto” s’intende la velocità, mentre nella seconda si indica la *modificazione* della velocità nel tempo. Perciò, la ragione per cui lo stesso termine “effetto” viene usato per due fatti apparentemente diversi è che, in realtà, si tratta dello *stesso* fatto, una volta inteso come assenza di variazione, dove la costante assume *valore zero*, e l’altra come presenza di variazione, nella quale la *medesima costante* assume un valore minore o maggiore di zero¹⁶⁰. Ma la tendenza a far corrispondere una legge ad ogni fatto parziale, oltre che da equivoci di ordine logico, ha la sua origine anche dalle particolari condizioni contingenti che ogni studioso deve affrontare quando indaga fenomeni di carattere composito, poiché «solo in casi molto rari la natura si presenta a noi come qualcosa di unitario»¹⁶¹. Non potendo quindi fin dall’inizio «padroneggiare il fenomeno nella sua globalità», si è costretti a utilizzare ciò che Paul Volkmann ha chiamato “metodo della sovrapposizione”¹⁶², consistente nel ricomporre un fenomeno come in un integrale matematico, in cui le parti sono messe insieme secondo una *forma unica*, cioè seguendo il procedimento inverso alla differenziazione dei valori di volta in volta assegnati.

La capacità di connettere fenomeni a prima vista del tutto distinti tra loro permette non solo di toglierli dal loro isolamento, ma risponde a quell’esigenza di *uniformità* che, se fosse intesa solo come una proprietà della natura, sarebbe ingiustificata e incomprensibile. Non vi è infatti una ragione per pensare che i *singoli* fenomeni si ripetano o si leghino a vicenda: se ci atteniamo al dato, ogni evento risulta a sé e vi è sempre la possibilità che possa apparirci in modo diverso. In questo caso, l’*immaginazione* soccorre

¹⁶⁰ Cfr. MSC, p. 164.

¹⁶¹ MSC, p. 174.

¹⁶² Cfr. P. Volkmann, *Erkenntnistheoretische Grundzüge der Naturwissenschaften und ihre Beziehungen zum Geistesleben der Gegenwart*, Teubner, Leipzig 1896, p. 70. Cfr., a tal riguardo, D. Howard, *Anche Einstein gioca a dadi. La lunga lotta con la meccanica quantistica*, ed. it. a cura di G. Bompreszi, V. Fano e I. Tassani, Carocci, Roma, 2015, pp. 114-116.

la ragione e fissa quel *principio di continuità* che non può essere ricavato da un numero limitato di esperienze¹⁶³. È questo, ad esempio, il modo in cui Newton agisce per formulare la sua teoria della gravitazione poiché, se avesse dovuto procedere per semplice generalizzazione induttiva, non avrebbe mai potuto ottenere una legge che vale per *tutti* i fenomeni, ma solo un'inferenza probabile. Come aveva già notato Aristotele, l'induzione è completa solo se l'insieme di riferimento è finito, cioè se gli elementi di quest'insieme non sono individui, ma specie e generi. Pertanto, il fondamento di validità di una generalizzazione che voglia concludere a una legge universale sta tutto nel modo in cui si attribuisce all'elemento una *funzione di specificazione*. Su questo punto – nota Mach – s'intrecciano due questioni che vanno tenute distinte, vale a dire: a) come si presenta *di fatto* la generalizzazione nel processo storico e operativo della conoscenza; b) come da tale generalizzazione possa originarsi un'*inferenza*, cioè una struttura logico-formale che porta a concludere una proposizione universale. Riguardo al primo aspetto, la generalizzazione è solo un *istinto* o, meglio, un rinforzo dell'abito esplorativo e conoscitivo, la cui efficacia si può dimostrare anche nel comportamento degli animali ed è esprimibile nella formula: $A_1, A_2, \dots, A_n \rightarrow A$. Come tale, essa dice solo che la ripetizione di istanze simili fa cadere la necessità di discriminarle. Diverso è invece il caso della trasformazione della generalizzazione in inferenza, poiché non basta eliminare gli indici, ma occorre anche il passaggio dal particolare – già riconosciuto come membro di un certo insieme (ossia ciò che diciamo “quantificatore esistenziale”, $\exists x$) – al generale come ciò che include *tutti* i membri (o “quantificatore universale”, $(x)\dots$). L'intera questione verte dunque sul modo d'intendere la totalizzazione dell'universale, che può o *non estendersi* oltre l'ultima delle istanze particolari denumerabili, oppure può valere *illimitatamente*. È evidente che solo se l'insieme è denumerabile o finito l'inferenza risulta valida o completa, mettendo così capo a una legge, mentre nel caso contrario ci troviamo di fronte a un'enumerazione semplice o incompleta, in cui l'universale ha solo un grado di *probabilità*. D'altra parte, se l'insieme di riferimento è finito, l'induzione è fondata su un'equivalenza formale e risulta in realtà una *deduzione*¹⁶⁴.

Ciò genera due conseguenze altrettanto problematiche, vale a dire: (a) l'esperienza non è in grado di decidere se l'insieme di riferimento sia finito o infinito, in quanto l'individuo e la specie possono apparire alla stessa

¹⁶³ Cfr. MSC, p. 209.

¹⁶⁴ Cfr. CE, p. 302: «Anche nell'induzione completa, come avviene nel sillogismo, non c'è ampliamento della conoscenza. Connettendo i giudizi individuali in un giudizio di classe, il nostro conoscere non fa che acquistare un'espressione più concisa, compendiosa».

stregua come “elementi” della conoscenza e, anche se fossero distinguibili, potrebbero essere entrambi finiti o infiniti; in secondo luogo (*b*), il significato del riferimento viene così ricavato retroattivamente dal metodo induttivo stesso, cioè dal senso – completo o incompleto – che vien dato alla generalizzazione¹⁶⁵. In un contesto esplicativo del genere, è quindi impossibile sia una determinazione *sintetica* della legge, fondata sulla *verifica* dell’induzione, sia una determinazione *analitica*, basata invece sulla *definizione* del significato dei termini che la compongono. Occorre dunque ritornare al *facto* della generalizzazione per vedere se non vi sia in esso un aspetto che giustifica l’inferenza. Nota a tal riguardo Mach: «Il fisico abituato alla continuità dei pensieri, poiché constata la presenza dell’attrazione gravitazionale non solo sulla superficie della Terra, ma anche in cima alle montagne e in fondo alle miniere, *immagina* che quest’attrazione agisca ad altezze e profondità per lui inaccessibili. [...] Ciò che è proprietà della natura in *qualche* tempo e luogo, si ritrova *sempre* e *ovunque*, anche se a prima vista può apparire diverso»¹⁶⁶. Perciò, “*qualche x*” diventa il *definiens* induttivo della *definienda* “stessa proprietà”, e non ha senso chiedersi quale sia il *numero* dei casi che rende possibile la conclusione universale, poiché la quantificazione esistenziale, da cui inizia l’inferenza, richiede solo che essi siano ≥ 1 . Senza dubbio, rispetto all’attrazione gravitazionale sulla Terra, la medesima attrazione sulla cima delle montagne è un *nuovo* caso che si aggiunge al primo e rafforza la nostra credenza; ma siccome esso è tale in base alla premessa sottaciuta che le montagne siano *corpi* come la terra, possono entrambi svolgere, in modo separato, la funzione di *esemplari* che permettono la generalizzazione. La moltiplicazione dei casi non giustifica la scelta di un caso particolare come esemplare, né di un certo gruppo di casi per quanto numerosi essi siano. L’unica giustificazione a tal riguardo si trova pertanto nelle *relazioni* che un caso o un gruppo di casi intrattengono con *altri* che fungono da circostanze d’identificazione o da unità di misura delle proprietà, ed è solo alle relazioni che spetta, in ultima istanza, la funzione di specificazione utile a delimitare la formulazione e l’applicazione della legge. Se un caso simile manifesta *altre proprietà*, indicando così un’eccezione rispetto alla legge – ad esempio, una pietra lanciata che non cade –, non serve ricercare se tali proprietà siano o no coerenti con la “natura” dell’oggetto come se si trattasse di un’essenza stabile e uniforme, poiché sarà sempre possibile immaginare nuove forme di stabilità essenziale che definiscono le nuove pro-

¹⁶⁵ È questo il modo – nota Mach – in cui «Bernoulli ha trovato un metodo elegante per convertire in *complete* le induzioni *incomplete*» (cfr. CE, pp. 304-305).

¹⁶⁶ MSC, p. 209.

prietà. Al contrario, si tratterà di scoprire *altre relazioni* che l'oggetto intrattiene con le circostanze, incluse le relazioni non-fisiche delle illusioni, delle suggestioni e delle false percezioni, in cui ogni fenomeno naturale può sempre presentarsi¹⁶⁷.

Se ora consideriamo la definizione newtoniana di massa come “quantità di materia” misurata dal prodotto del suo volume per la densità – al di là delle implicazioni metafisiche che, come aveva già osservato Stallo, la nozione di “materia” comporta –, possiamo notare che essa utilizza la “quantità di materia” come *definiens* della proprietà di un corpo di avere una massa, stabilendo il criterio di misurazione di tale quantità mediante il circolo vizioso per cui la densità è il rapporto tra la massa e il volume¹⁶⁸. Newton dunque si accorge che ad ogni corpo è inerente una proprietà quantitativa, indicata come “massa”, che determina il movimento ed è diversa dal *peso*, ma non è in grado di esprimerla correttamente poiché si lascia condizionare da un concetto, come quello di materia, che gli appare come un dato del tutto istintivo e non gli consente di passare da una semplice *formulazione* generalizzante (“dove c'è corpo, c'è materia”) alla *formalizzazione* dell'inferenza relazionale¹⁶⁹. Queste osservazioni permettono, al tempo stesso, di eliminare ogni equivoco riguardo alla base sensistica in cui troppo spesso si è voluta rubricare la concezione machiana dell'esperienza¹⁷⁰: infatti, il dato sensibile non è in grado di fornire una conoscenza se non si specifica il campo relazionale a cui si fa riferimento, non importa che tale dato venga inteso come un elemento atomico o come una compagine già strutturata.

Come si origina, dunque, la “nozione istintiva” di materia di cui anche Newton fa uso? Un corpo, che diciamo contenere una certa materia, indica anzitutto la «stabilità costante della connessione tra sensazioni diverse»¹⁷¹. Nell'immediatezza *qualitativa* dell'esperienza corporea, le sensazioni possono variare sia all'interno della medesima qualità di contenuto – ad esempio il colore visto – sia tra diverse qualità, come il colore e la durezza percepita al tatto, mentre il corpo rimane lo *stesso* in virtù della permanenza della *forma di connessione* che ne sancisce *l'identità*. Così, un oggetto blu può apparire nero con scarsa illuminazione, o può scomparire del tutto alla vista

¹⁶⁷ Cfr. CE, p. 309.

¹⁶⁸ Cfr. MSC, p. 215.

¹⁶⁹ Cfr. MSC, p. 217.

¹⁷⁰ Cfr., ad esempio, P. Carus, *Professor Mach's Term "Sensation"*, «The Monist», 3/2, 1893, pp. 298-299; R. Goeres, *Sensualistischer Phänomenalismus und Denkökonomie. Zur Wissenschaftskonzeption Ernst Machs*, «Journal for General Philosophy of Science», 35, 1, 2004, pp. 41-70.

¹⁷¹ MSC, p. 217.

e rimanere presente solo al tatto; in ogni caso, è sempre il *medesimo* corpo che ritroviamo nello scorrere delle sensazioni. Ma se ora togliamo *tutte* le sensazioni, rimane solo la *forma vuota della connessione*, cioè un indice simbolico per una famiglia di relazioni all'interno della quale possiamo collocare *ogni* corpo. Pertanto, l'unico "contenuto" che possiamo dare a questa forma vuota, la quale lega tutto ciò che è corporeo, è la "materia dell'universo" che s'aggiudica la stessa stabilità assoluta della connessione costante che serviva a identificare un corpo particolare. Tale è, nota Mach, l'origine della nozione di *sostanza materiale* a partire dalle qualità dell'esperienza.

Tuttavia, l'esperienza immediata non si dà solo in forma qualitativa, ma anche *quantitativa*. La differenza tra le due è che, nel primo caso, la sostanza materiale è percepita come un corpo o un luogo immobile nello spazio, mentre nel secondo appare come un *corpo in movimento*, staccato dall'ambiente circostante. Il movimento, infatti, non indica solo una condizione di traslazione in cui un corpo mantiene le sue qualità, ma anche un processo di crescita o disgregazione: per mettere in rilievo quest'aspetto quantitativo, si deve allora considerare il corpo come composto di parti *omogenee*, ognuna delle quali abbia un complesso *costante* di qualità. Dato che tale complesso è assunto come *qualitativamente* costante, si può prescindere dalle sue specifiche qualità e assimilare la costanza del complesso parziale alla costanza del tutto; in questo modo, si giunge «alla rappresentazione di un'entità sostanziale che *varia quantitativamente* e che chiamiamo *materia*. Ciò che è tolto da un corpo, si presenta in un altro, sicché la quantità di materia nella sua totalità è costante»¹⁷². La costanza quantitativa del tutto si può dunque dividere in tante quantità sostanziali ugualmente costanti che rappresentano le *masse* dei singoli corpi; ma a questo punto interviene l'esperienza a segnalarci come la materia assuma significati diversi a seconda dei fenomeni considerati, ad esempio, nei corpi meccanici, nei corpi fluidi o nei corpi calorici. Per render conto di questa diversità, ogni nuovo ramo della fisica (meccanica, elettricità, termologia, ecc.) si è così foggiato una propria materia-sostanza, di cui il concetto di materia come "sostrato costante" rappresenta il genere sommo.

La nozione newtoniana di massa come "quantità di materia", derivante dalla tendenza istintiva a concepire la materia come una *sostanza invariabile* dotata delle proprietà geometrico-tattili della figura, dell'estensione, dell'impenetrabilità e del movimento, spiega anche il fatto che egli enunci *l'uguaglianza di azione e reazione* – le quali nel loro insieme definiscono una

¹⁷² *Ibid.*

costante quantitativa – come un principio separato, mentre in realtà si tratta di due aspetti del medesimo principio o, meglio, sono solo fenomeni che dipendono l'uno dall'altro. Anche in questo caso Newton parte da un'esperienza sensibile: se esercitiamo una pressione su un corpo, riceviamo sul nostro corpo una contropressione uguale e contraria, sicché la somma totale del rapporto che stabilisce l'equilibrio dinamico è zero. Tuttavia, alcune masse sono più grandi o più piccole, hanno cioè una “quantità di materia” maggiore o minore e, *di conseguenza*, producono e ricevono velocità inversamente proporzionali alle loro masse. Ora, nota Mach, come possiamo sapere qual è il corpo con massa più grande o più piccola fino a quando non abbiamo constatato la velocità differente con cui i due corpi si muovono l'uno rispetto all'altro? È impossibile formulare *prima* il principio della massa come quantità e *poi* il principio di azione e reazione come proporzionalità inversa, poiché possiamo ottenere una misura della quantità di massa solo quando abbiamo verificato tale proporzionalità¹⁷³. Se si parte dalla quantità di massa presa come valore assoluto, allora essa finisce inevitabilmente per confondersi col *peso*, poiché contiene l'ipotesi sottaciuta che il criterio di misurazione sia un corpo “naturale” – ad esempio la Terra – più vicino a noi per esperienza e abitudine. In realtà, la circostanza determinante non è né la supposta quantità di massa, né la forma della proporzionalità che ne possiamo ricavare, ma solo l'*accelerazione relativa* tra i due corpi. Perciò, conclude Mach, «la vera definizione di massa è il risultato di una ricerca volta a stabilire l'interdipendenza dei fenomeni. [...] Se scegliamo il corpo *A* come unità di misura, attribuiremo massa *m* a quel corpo che imprime ad *A* un'accelerazione pari a *m* volte l'accelerazione che esso riceve da *A*»¹⁷⁴. Se quindi un corpo *B* imprime ad *A* un'accelerazione pari a 1 e riceve da *A* un'accelerazione *contraria* pari a 2, ne segue che, per l'equilibrio di azione e reazione, la sua massa sarà uguale a $\frac{1}{2}$, e con ciò è spiegata anche la relazione di proporzionalità inversa, poiché «il rapporto delle masse è solo il rapporto inverso delle accelerazioni preso con *segno negativo*»¹⁷⁵.

Ciò consente anche di risolvere un equivoco che sorge quando si confonde la misura, *espressa* da un numero, con la *funzione di misurazione* che tale numero svolge come *numerale*, cioè nell'applicazione della serie nume-

¹⁷³ Cfr. anche E. Mach, *Über die Definition der Masse*, «Carls Repertorium für Experimental-Physik, für physikalische Technik, mathematische und astronomische Instrumentenkunde», 4, 1868, pp. 355-359. Su ciò, cfr. E.C. Banks, *Ernst Mach's "New Theory of Matter" and his Definition of Mass*, «Studies in History and Philosophy of Modern Physics», 33, 2002, pp. 605-635, in particolare pp. 618-623.

¹⁷⁴ MSC, p. 236.

¹⁷⁵ *Ibid.*

rica ai fenomeni¹⁷⁶. Infatti, “misurare” significa senza dubbio stabilire un ordinamento o una corrispondenza biunivoca tra la serie dei numeri reali e la serie dei fenomeni o dei loro aspetti rilevanti, come le masse. Tuttavia, la *misurazione* non è un’attività logico-matematica, ma empirica; non bisogna quindi confondere l’ordine di successione simbolica dei termini matematici – che indica una relazione interna tra i simboli stessi – con l’ordine della realtà fenomenica, anche se l’esperienza ci permette di stabilire una *particolare* relazione tra i due ordini. Tale confusione si genera quando pensiamo di poter *prevedere*, in base a una corrispondenza che abbiamo stabilito tra un certo gruppo di numeri e un certo gruppo di fenomeni, che la medesima corrispondenza possa ripetersi per un altro insieme di fenomeni *simili*, che però non abbiamo ancora conosciuto. Sorge così la tendenza a credere che le operazioni che possiamo svolgere con i simboli abbiano lo stesso significato e producano gli stessi risultati delle operazioni che svolgiamo quando confrontiamo tra loro i fenomeni; in tal caso, la generalizzazione induttiva si trasforma in una fallacia di generalizzazione analogica o *intensionale*.

Si prenda, ad esempio, un insieme di tre corpi, *A*, *B*, *C*, in cui il corpo *A* viene assunto come riferimento o unità di misura della massa. Potremmo essere indotti a credere che, se *B* e *C* presentano rispetto ad *A* un *valore* di massa uguale – espresso da un *numero* –, essi abbiano lo stesso valore numerico anche nella loro interazione reciproca, cioè «si comunichino accelerazioni uguali e opposte»¹⁷⁷. Tuttavia, nota Mach, «qui non stiamo trattando di un problema matematico, ma fisico. [...] Non vi è alcuna *necessità logica* perché anche nella composizione *BC* entrino le stesse quantità dei corpi *B*, *C*. Solo l’esperienza ci può insegnare che le cose stiano così. Infatti, se ordiniamo una serie di corpi secondo il *peso* con cui essi si combinano con il corpo *A*, *constatiamo* che questi corpi si combinano anche fra loro nella medesima quantità. Ma questo nessuno è in grado di saperlo, se non mediante l’esperienza»¹⁷⁸. A ciò si potrebbe obiettare che Mach trasgredisce lo stesso presupposto empiristico dell’uniformità nella ripetizione dei fenomeni poiché, se nel caso dei corpi *fisici* non constatiamo *mai* che due masse, che hanno lo stesso valore rispetto a un terzo corpo, abbiano anche un valore diverso tra loro, al contrario nella composizione *chimica* riscontriamo che *spesso* ciò accade, poiché la massa di un tale composto è di frequente superiore o inferiore alla somma delle due masse prese separatamente. Questa differenza di quantità si troverebbe dunque nella *diversa natura* del-

¹⁷⁶ Cfr. PDW, pp. 84-90.

¹⁷⁷ MSC, p. 236.

¹⁷⁸ MSC, p. 238.

la composizione, sicché, mentre nelle relazioni fisiche è possibile fare previsioni certe sulla base della ripetizione omogenea degli indici numerici, ciò non è invece possibile per le relazioni chimiche.

Ora, sebbene tale differenza possa risultare rilevante per evidenziare la specificità dei fenomeni fisici e chimici che si riscontra soprattutto a livello percettivo e sperimentale, essa non riguarda in ogni caso il problema della *forma d'inferenza* che qui è in gioco. In entrambi i casi, infatti, non è possibile *dedurre* il risultato del fenomeno, poiché – utilizzando le notazioni inferenziali formulate da George Boole nelle sue *Indagini sulle leggi del pensiero* (1854)¹⁷⁹ – ciò che può essere ricavato dalla congiunzione logica delle proprietà quantitative di due fenomeni corporei qualsiasi (poniamo, $B = 2$ e $C = 2$) non è la relazione determinata tra le due quantità che li rappresentano (cioè il loro *prodotto logico* o *intersezione*, per cui $2 = 2$), ma solo la loro *disgiunzione* o *somma logica*, cioè quell'*unione* dei due insiemi fenomenici che, nell'inferenza deduttiva, permette di conservare inalterato il valore di verità dei simboli numerici assegnati. In altri termini – dato che una congiunzione è vera solo se entrambi i membri sono veri, mentre una disgiunzione è vera *anche* nei casi in cui uno sia vero e l'altro falso e viceversa –, dalla congiunzione si potrà *dedurre logicamente* o che i due valori sono uguali, o che uno è maggiore e l'altro minore, oppure che uno è minore e l'altro maggiore, mentre si dovrà escludere solo che non risulti alcun valore, cioè nessun'interazione, altrimenti non avremmo constatato un valore numerico nemmeno nelle premesse. Perciò, conclude Mach, se proprio volessimo evidenziare un'analogia nei rapporti tra i corpi, dovremmo dire che la massa è quella loro particolare "caratteristica" che determina l'accelerazione, anche se ciò non è una conseguenza della teoria contenuta nel concetto di massa, ma di un'esperienza¹⁸⁰.

Le medesime osservazioni svolte sul concetto di massa possono essere sviluppate anche a proposito di altri tre concetti cardinali della meccanica newtoniana, vale a dire il tempo, lo spazio e il movimento¹⁸¹. Qui Mach discute il noto "esperimento del secchio" con cui Newton aveva cercato di *dimostrare* l'esistenza del movimento assoluto e, di conseguenza, anche dello spazio e del tempo assoluti. Anzitutto, Newton parte dall'osservazione

¹⁷⁹ Cfr. G. Boole, *An Investigation of the Laws of Thought, on which are Founded the Mathematical Theories of Logic and Probabilities*, Walton and Maberly, London 1854, ed. it. a cura di M. Trincherò, *Indagine sulle leggi del pensiero su cui sono fondate le teorie matematiche della logica e della probabilità*, Einaudi, Torino 1976, in particolare pp. 57 sgg.

¹⁸⁰ Cfr. MSC, p. 240.

¹⁸¹ Cfr., a tal riguardo, M. Bunge, *Mach's Critique of Newtonian Mechanics*, «American Journal of Physics», 34, 1966, pp. 585-596.

che le “quantità” e le “forze” contenute nelle sue definizioni dei concetti meccanici «devono essere considerate non fisicamente, ma matematicamente»¹⁸², nel timore che, parlando di “centri muniti di forza”, si possano formulare ipotesi occulte sulle loro “ragioni” fisiche; ma poi egli assegna a tali quantità matematiche assolute la proprietà di essere *vere* rispetto ai fenomeni¹⁸³, ripetendo così la confusione tra l’impiego di simboli non interpretati e gli stessi simboli in quanto interpretati rispetto a una certa realtà. È infatti evidente che, se la verità dev’essere una *proprietà* dei simboli e delle relazioni matematiche, si tratterà solo di proprietà e relazioni interne ai simboli stessi: è quindi inutile distinguere tra grandezze “vere” e “apparenti”. Da quest’equivoco iniziale sorgono tutti gli altri, che riguardano «il tempo assoluto, vero, matematico» e «lo spazio assoluto, uguale e immobile, senza relazione ad alcunché di esterno»¹⁸⁴. Ora, nota Mach, l’unica prova che si può offrire per tali enunciazioni di principio potrà essere ricavata solo dall’esperienza, la quale non ci testimonia di spazi o di tempi in sé, ma di *concetti spaziali e temporali* che possiamo trarre dalle posizioni e dai movimenti dei corpi. Se è possibile fissare la posizione di un corpo in riferimento a un certo sistema di coordinate, quel corpo sarà immobile; se invece in tale riferimento la posizione del corpo varia, esso sarà in movimento.

Ma la domanda di Newton è se sia possibile un’esperienza da cui trarre la proprietà di un corpo di essere in quiete o in movimento *senza riferimenti esterni*, cioè se esistano quiete e moto come termini *assoluti* del corpo stesso. E in effetti – osserva Newton – una tale esperienza si offre nel momento in cui, prendendo un secchio pieno d’acqua a metà e facendolo ruotare appeso a un filo, si nota che il moto e la forma concava assunta dall’acqua sono *indipendenti* dal moto e dalla forma delle pareti del contenitore che fungono da coordinate di riferimento, nel senso che l’esistenza del moto “vero” si può ricavare solo dalla *differenza interna* tra la superficie inizialmente piatta dell’acqua e quella concava che si dà successivamente¹⁸⁵. Se infatti pretendessimo di spiegare il movimento complessivo dell’acqua in base al gradiente di velocità assunto *rispetto* alle pareti, ci accorgeremmo che tale *moto relativo* vale solo nella fase iniziale e finale in cui l’acqua subisce accelerazione o decelerazione, mentre se il moto è abbastanza prolungato, il gradiente di velocità dall’esterno all’interno dell’acqua si annulla e, dal momento che tutte le parti d’acqua finiscono per assumere la stessa velocità

¹⁸² I. Newton, *Philosophiae Naturalis Principia mathematica* (1687, 1726³), ed. it. a cura di A. Pala, *Principi matematici della filosofia naturale*, UTET, Torino 1997, p. 104.

¹⁸³ Cfr. *ivi*, p. 105.

¹⁸⁴ *Ivi*, pp. 105-106.

¹⁸⁵ Cfr. *ivi*, pp. 112-113.

angolare, l'acqua nel secchio *appare ferma in relazione alle pareti*, pur restando concava la superficie, così come all'inizio appariva ferma quando la superficie era piatta. Da ciò Newton conclude che, mentre il moto relativo ha solo effetti apparenti, il moto assoluto ha effetti reali, poiché corrisponde «allo sforzo di allontanamento dall'asse di movimento»¹⁸⁶ riscontrabile nella *differenza di forma* assunta dall'acqua. Lo stesso ragionamento può ripetersi per *qualsiasi* corpo assunto come riferimento esterno del moto dell'acqua, come ad esempio la Terra o il cielo delle stelle fisse.

Si noti che, in questo caso, l'argomento di Newton non si riduce a un'assunzione di principio come per la massa, ma pone un problema più ampio che, pur facendo appello all'esperienza, non può risolversi né essere liquidato con un semplice richiamo al "fattuale". Newton infatti non nega che nel moto siano presenti delle componenti relative, ma si chiede se il moto sia, *nel suo insieme*, riducibile a tali componenti. Ora, tale riducibilità sarebbe evidente solo se ogni suo aspetto fosse spiegabile mediante relazioni esterne; se invece il cambiamento di forma dell'oggetto in movimento può essere compreso prescindendo almeno in parte da esse, allora se ne può affermare la separabilità o assolutezza. L'argomento è dunque il seguente: se per *qualsiasi sostituzione* del corpo di riferimento otteniamo sempre lo stesso risultato, allora si può prescindere da *ogni riferimento esterno* e considerare dimostrata l'esistenza del moto assoluto in *tutti i casi particolari*. La condizione posta come antecedente in quest'argomento è dunque valida se disponiamo di un criterio in grado di permetterci di distinguere con certezza le relazioni esterne da quelle interne: ma è possibile ritenere che, nel caso dell'acqua nel secchio, tale criterio sia offerto dalla differenza di forma acquisita nel corso del moto? Se così fosse, dovremmo considerare in movimento di traslazione *qualsiasi corpo* sottoposto a deformazione (non solo nel senso dell'espansione, ma anche della rigidità, ecc.)¹⁸⁷, e anche nel caso in cui l'assolutezza del moto fosse attestata senza ridursi alla traslazione (ad esempio, ritenendo una specie di movimento anche l'allontanamento o la contrazione rispetto a un centro, senza soluzione di continuità), si tratterebbe comunque sempre di tracciare un *confine del luogo* in cui ciò avviene, e questo vale sia per gli spazi metrici sia per gli spazi topologici. In altri termini, anche le relazioni interne richiedono un'esteriorità come *spazio complementare*, altrimenti non si potrebbe dire se lo spazio interno, considerato come luogo assoluto, sia chiuso o aperto, oppure in qual misura e rispetto a quale criterio tale spazio possa essere ritenuto,

¹⁸⁶ Ivi, p. 113.

¹⁸⁷ Cfr. ivi, p. 114.

di volta in volta, chiuso, aperto o sia chiuso sia aperto. Il criterio della “differenza interna” ricade dunque di nuovo nella logica della disgiunzione inclusiva, la quale non permette di stabilire alcuna forma o quantità determinata del movimento, ma solo una *funzione di variazione* che può essere soddisfatta da molteplici valori. In ultima istanza, l’assolutezza del movimento richiesta da Newton si riduce alla *presenza* del movimento, cioè al fatto che “qualcosa deve pur muoversi”.

Ora – nota Mach – questa conclusione è del tutto inutile se lo scopo è quello di dare un *significato* al movimento fisico; al massimo la si può intendere come espressione di un movimento simbolico e astratto che si ricava da relazioni tra elementi matematici o geometrici. In realtà, l’argomento di Newton si svolge secondo lo stesso procedimento che caratterizza l’affermazione della *sostanzialità* di un corpo: poiché possiamo tener fisso il movimento dell’acqua separandolo ora dall’una ora dall’altra connessione con altri corpi, si pensa che sia possibile eliminare *tutte* le connessioni e che rimanga ancora qualcosa di definibile come “movimento”¹⁸⁸. Qui è presente un triplice errore: uno di origine strettamente logico-formale, l’altro che si riferisce alla possibilità d’intendere le relazioni come oggetti con i loro attributi, e il terzo di natura fisica.

Riguardo al primo aspetto, si tratta di una prova di validità basata sulla regola di *generalizzazione universale*: dal caso di sostituzione di una funzione proposizionale con il nome di un individuo qualsiasi, arbitrariamente scelto, s’inferisce la quantificazione universale, sostenendo che se a un oggetto spetta una certa proprietà, essa spetta anche a tutti gli oggetti della medesima classe. Ma la validità di questa generalizzazione dipende dal fatto che la premessa sia già stata formulata mediante un’*esemplificazione universale*, cioè tramite l’assegnazione preventiva di un particolare oggetto a una classe. Ora, nel nostro caso non è possibile *sapere prima* se un determinato corpo fisico, che non rientra nell’insieme dei corpi di cui abbiamo fatto esperienza, risulti ininfluente sul moto dell’acqua, poiché non basta dire che esso è incluso nella classe degli oggetti “ininfluenti” solo in quanto è un corpo, non essendo la proprietà di essere corpo qualcosa che, per definizione, comporti un attributo *sintetico* di tal sorta¹⁸⁹.

Dal punto di vista delle relazioni, l’argomento newtoniano ha invece il seguente svolgimento: poiché la proprietà del moto è invariante o *costante* per qualsiasi decorso relazionale ($aRb, aRc \dots aRn = K$), allora vale aK , cioè insieme a un termine della relazione si può togliere anche la funzione di re-

¹⁸⁸ Cfr. MSC, p. 254.

¹⁸⁹ Cfr. MSC, p. 248.

lazione. Ma così facendo, la relazione viene intesa come attributo di un oggetto (o come categoria concettuale), mentre essa è solo la condizione dell'attribuzione che – come abbiamo visto – rende possibile anche il concetto di moto assoluto, ricavato appunto dalla *differenza interna* tra due stati del medesimo oggetto¹⁹⁰.

Tuttavia, l'errore più grave si riscontra, di nuovo, a livello *fisico*. Se esiste il moto assoluto, senza restrizioni, esiste anche la quiete assoluta nelle stesse condizioni. Ma la quiete assoluta, escludendo il caso dell'equilibrio che implica sempre una relazione, richiede anche che *tutti* i corpi siano in quiete, non solo quello che si trova in tale stato d'immobilità, ossia che non vi siano assolutamente forze in ogni luogo dell'universo, poiché «anche le masse in quiete sono forze, se *non tutte* le masse sono in quiete»¹⁹¹. Senza dubbio, è logicamente concepibile un universo immobile, anche prescindendo dal fatto che ciò contravviene all'esperienza; ma allora non si può nemmeno parlare di uno «sforzo di allontanamento dal centro» o di una «tensione del filo» in cui, secondo Newton, si risolve l'aumento o la diminuzione del moto dell'acqua o di due masse in rotazione, senza considerare che la stessa nozione di massa come “quantità di materia” sarebbe così del tutto indeterminabile.

In conclusione, ogni asserzione sul moto e sulla quiete assoluta implica un'estensione dei principi fisici oltre l'esperienza. Ora, la conoscenza comporta sempre un'estensione al di là di una *particolare* esperienza o di un gruppo di esperienze, ma non di *ogni esperienza possibile*, poiché in questa “possibilità” è già contenuta tutta l'*idealità* dei concetti conoscitivi¹⁹². L'insensatezza riguardo a una condizione assoluta del mondo deriva dalla sua *ineffettualità*, cioè dal fatto che nessuno riuscirebbe a far corrispondere a tale immagine uno stato di cose descrivibile. Così, se nella nostra esperienza vediamo che un corpo si dà in connessione con altri, possiamo sempre rappresentarci quel corpo senza connessioni, ma non possiamo scambiare tale immagine con la realtà, altrimenti dovremmo ammettere di *poter sapere* come sarebbe l'universo se *non fosse* così com'è, un universo, dunque, diverso da sé stesso, che si dà *due o più volte*¹⁹³. Si ammetta, ad esempio, che la terra non giri: ciò significherebbe che essa non esercita né subisce forze da altri corpi, ossia che non ha una massa e, quindi, non è un corpo come noi lo conosciamo; non avremmo pertanto alcun mezzo per valutare il comportamento di una terra immobile e per verificare la nostra asserzione. In verità,

¹⁹⁰ Cfr. MSC, p. 250.

¹⁹¹ MSC, p. 245.

¹⁹² Cfr. MSC, p. 253.

¹⁹³ Cfr. MSC, p. 249.

la convinzione che tutti gli stati immaginabili siano equivalenti o legittimi dal punto di vista fisico deriva da una condizione *contingente* della conoscenza umana, ossia dal fatto che, «potendo prendere in considerazione solo un numero limitato di corpi» e dovendo formulare una legge, «non ci sentiamo obbligati a scegliere come sistema di riferimento un corpo *determinato*, e anzi sentiamo di poter fare astrazione ora da un corpo, ora dall'altro»¹⁹⁴. Ma «non possiamo dire come sarebbero le cose se la terra non girasse; possiamo invece interpretare in modi diversi l'unico caso che ci è dato»¹⁹⁵. D'altra parte, nota Mach, l'ammissione di una differenza tra moto relativo e moto assoluto «non ci porta alcun vantaggio, né teorico né di altro ordine»¹⁹⁶.

Come nel caso della massa e del moto assoluto, anche per lo *spazio assoluto* la concezione newtoniana esprime la tendenza a «definire più volte la stessa proprietà»¹⁹⁷, e quindi ad essere soggetta alle medesime obiezioni. L'assunzione di uno spazio assoluto implica infatti un sistema *invariabile* di coordinate, non importa se esse siano o no di tipo euclideo. Ora – si chiede Mach – come possiamo determinare un tale sistema? In genere, ciò si ottiene per estrapolazione delle conoscenze che riteniamo *più sicure*, come quelle che riguardano lo spazio che regola il comportamento dei corpi rispetto alla Terra. Potrebbe quindi sembrare che, in questo caso, ci attenissimo veramente ai fenomeni che cadono sotto i nostri sensi e che, per tale ragione, la generalizzazione sia legittima: i corpi si muovono entro una dimensione spaziale che, per ripetizione e associazione, possiamo ritenere *unica* per tutte le masse fisiche. Tuttavia, quando si generalizza un criterio (e tale è il sistema delle coordinate), non bisogna solo estendere per variazione gli oggetti che sottostanno ad esso, ma anche il criterio stesso, in quanto questo è il vero “oggetto” della generalizzazione; ciò non permette allora di concludere all'esistenza di uno spazio assoluto. Si ammetta infatti, per comodità, che tale criterio sia lo spazio euclideo: in esso compaiono dei termini primitivi – come “punto”, “retta”, “piano”, ecc. – che sono resi da valori e funzioni matematiche esprimenti la misurazione di certe grandezze angolari, coefficienti di curvatura, e così via, i quali dipendono dagli oggetti fisici a cui si fa riferimento. Se questi valori e funzioni variano, si modificano anche le definizioni dei termini primitivi, il cui nome assume dunque un *diverso* significato. Da ciò consegue che l'unica assolutezza che possiamo aggiudicare allo spazio di coordinate dovrebbe derivare solo da *termini primitivi*

¹⁹⁴ MSC, pp. 247-248.

¹⁹⁵ MSC, p. 249.

¹⁹⁶ MSC, p. 246.

¹⁹⁷ MSC, p. 264.

non interpretati, poiché ogni interpretazione che ne diamo – a meno di non risolversi in un modello formale astratto – richiede la considerazione degli oggetti fisici a cui si applicano¹⁹⁸.

In primo luogo, dunque, è falso che abbiamo conoscenze *più sicure* intorno allo spazio conforme alla “geometria naturale” in cui si muovono i corpi terrestri¹⁹⁹. In secondo luogo, la forma dello spazio in cui un corpo è inscritto non può essere ricavata da un sistema di coordinate astratto, ma solo dalla possibilità di riferire tale corpo direttamente agli altri corpi dell’universo fisico assunto come *l’insieme di applicazione* delle coordinate. La variazione del riferimento spaziale, così come la variazione del movimento, segnala solo come *tutti* i corpi dell’insieme siano in dipendenza reciproca e sia dunque «impossibile fare astrazione dal resto dell’universo anche nel caso più semplice, in cui apparentemente si prende in esame solo l’interazione di due masse»²⁰⁰. In questo senso, l’opposizione di Mach all’assolutezza dello spazio non deve intendersi né come una ricaduta in un ingenuo relativismo, né come una scommessa sull’uniformità della natura, che consentirebbe di passare dalla nostra esperienza limitata e particolare alla *totalità* dei fenomeni²⁰¹. Senza dubbio, infatti, «noi ci basiamo sempre su esperienze non complete, anzi su esperienze che non possono mai essere completate del tutto», ma «la natura non comincia dagli elementi, come noi siamo costretti a fare»²⁰². Se, ad esempio, consideriamo la semplice interazione tra *due* corpi, che rappresenta per noi il modo più comodo per studiare i fenomeni dinamici, ci appare evidente come all’accelerazione positiva del primo debba corrispondere l’accelerazione negativa del secondo nel verso opposto; abbiamo così espresso il *principio di azione e reazione* che governa il semplice sistema delle loro masse. Tuttavia, come un corpo in tale sistema limitato e comodo è connesso all’altro corpo, così anche il sistema dei due, nel suo insieme, è connesso a infiniti altri sistemi, poiché lo si può considerare come dotato di una *massa unica*, la cui accelerazione è determinata dall’accelerazione media del baricentro delle due masse rispetto al baricentro di ogni altro sistema delle masse²⁰³. Se le masse sono più di

¹⁹⁸ Cfr., a tal riguardo, A. Pap, *An Introduction to the Philosophy of Science*, The Free Press of Glencoe, New York 1962, trad. it. di A. Roatti, a cura di E. Melandri, *Introduzione alla filosofia della scienza*, il Mulino, Bologna 1967, pp. 89-98 e 164 sgg.

¹⁹⁹ Cfr. MSC, p. 250.

²⁰⁰ MSC, pp. 251-252.

²⁰¹ Cfr., a tal riguardo, C. Brans, R.H. Dicke, *Mach’s Principle and a Relativistic Theory of Gravitation*, «Physical Review», 124, 3, 1961, pp. 925-935.

²⁰² MSC, pp. 252-253.

²⁰³ Cfr. MSC, p. 251. Su ciò, cfr. anche A.F. Möbius, *Der barycentrische Calcul*, Barth, Leipzig 1827, pp. 4 sgg.

due, si potrà sempre ritenere il loro sistema come dotato di un unico bari-centro di accelerazione, indipendentemente dal numero dei corpi coinvolti. Perciò, il principio di azione e reazione vale anche per *l'insieme dei sistemi* che costituiscono l'universo, sebbene «sia per noi una gioia quando possiamo distogliere lo sguardo dal misterioso Tutto e fissarlo sul particolare; ma non dobbiamo mai tralasciare di correggere e completare le nostre idee, mettendole a confronto con ciò che provvisoriamente avevamo lasciato inesplorato»²⁰⁴.

Giungiamo così alla formulazione di ciò che, nel 1918, Albert Einstein chiamerà “principio di Mach”: in ogni campo di relazioni fisiche, che includa le proprietà metriche dello spazio, il comportamento inerziale e gli effetti gravitazionali sono completamente determinati dalle masse dei corpi, ossia «l'inerzia dev'essere ricondotta a un'azione reciproca tra i corpi»²⁰⁵. È quindi necessario considerare *insieme*, cioè come appartenenti a un *unico* fenomeno, tanto i moti accelerati quanto i moti inerziali²⁰⁶, poiché in un universo vuoto, in cui un corpo dovrebbe conservare l'inerzia come proprietà costante della sua “materia”, non si presenterebbe in realtà nessuna massa e, dunque, né inerzia né materia. Perciò, tutti gli equivoci e le confusioni che da sempre hanno alimentato la disputa fra cartesiani e leibniziani a proposito della misura della forza – intesa una volta come “quantità di moto” e un'altra come “forza viva” – dipendono «dalla nostra incapacità di abbracciare *unitariamente* tutta la realtà, costringendoci a prendere in esame solo un piccolo numero di corpi e a fare *astrazione* da tutti gli altri», sicché, se potessimo sostituire alle leggi *elementari* della meccanica le leggi *integrali*, potremmo conoscere direttamente la reciproca dipendenza delle posizioni dei corpi e «rendere superfluo lo stesso concetto di *forza*»²⁰⁷.

Una delle obiezioni che di solito vengono mosse contro questa riduzione degli stati e dei movimenti fisici alla reciproca dipendenza delle cose è che ciò non rende conto di alcuni fenomeni fondamentali della realtà fisica, in particolare dell'*irreversibilità del tempo*. Infatti, se il tempo si presenta come il movimento di un corpo rispetto a un altro, allora non possiamo conoscere il *verso*, in quanto anche l'altro corpo potrebbe essere inteso come in

²⁰⁴ MSC, p. 252.

²⁰⁵ A. Einstein, *Prinzipielles zur allgemeinen Relativitätstheorie*, «Annalen der Physik», 55, 1918, p. 241 e n. 1. Sul senso operativo e dinamico del concetto machiani di massa e di inerzia, cfr. J.B. Barbour *The Discovery of Dynamics: A Study from a Machian Point of View of the Discovery and the Structure of Dynamical Theories*, Oxford University Press, Oxford 2001, in particolare pp. 676-689.

²⁰⁶ Cfr. MSC, pp. 258, 261.

²⁰⁷ MSC, p. 272.

movimento rispetto al primo. Ciò è ben rappresentato dalle equazioni meccaniche, le quali sono perfettamente reversibili. Ora, Mach accoglie quest'obiezione, ma sottolinea che si tratta esattamente del caso in cui la natura viene concepita come una *macchina* dove la posizione di una sola parte determina quella di tutte le altre, in cui cioè il numero delle equazioni (n') equivale al numero delle grandezze fisiche (n) meno una ($n-1$)²⁰⁸. Se il numero delle grandezze fosse uguale al numero delle equazioni, la natura sarebbe *invariabile*; ma se in natura si verificasse invece la suddetta situazione di squilibrio, il tempo potrebbe essere visto come una linea continua che lega tutti i corpi e che è possibile percorrere con un *unico* movimento in entrambe le direzioni. Si tratterebbe, però, di un *controllo assoluto del tempo* che risulta impossibile non solo per noi, ma per qualsiasi soggetto si trovi ad avere a che fare con quell'unico movimento. Se una grandezza deve offrire la misura assoluta del tempo, ciò significa che la successione costante delle sue unità temporali può essere ricavata da un moto che sia *uniforme in sé*, altrimenti non avremmo né successione, né omogeneità delle parti. Ma un moto uniforme in sé è un'astrazione o, meglio, un'illusione che sorge dall'assumere un *particolare* moto uniforme (ad esempio, del pendolo) come *isolabile* da un certo riferimento e rapportabile, a piacere, a tutti gli altri. Tale variabilità arbitraria del riferimento, sviluppata nella nostra esperienza, fa sì che tutti i rapporti particolari ci sembrino inessenziali e il tempo come qualcosa a sé stante.

Tuttavia, nota Mach, «non siamo in grado di misurare i mutamenti delle cose rapportandoli al tempo»²⁰⁹, poiché un simile tempo, come nel caso del movimento assoluto, è stato *originariamente* concepito come uniforme in rapporto a un altro movimento, ad esempio della Terra. D'altra parte, ciò non impedisce che, isolando una singola oscillazione, essa ci appaia *reversibile*, cioè che il pendolo ritorni al punto iniziale così come, percorrendo un tratto limitato di spazio, abbiamo l'impressione di poter retrocedere, senza difficoltà, all'inizio del movimento. Questo ragionamento trascura però il fatto che ogni oscillazione è senza dubbio singola e uniforme, *ma non è la stessa*, altrimenti dalla sequenza delle oscillazioni non potremmo mai ottenere lo *scorrere* del tempo. Se quindi fissiamo la nostra attenzione sulla singolarità e uniformità, vi è ripetizione; se invece consideriamo la connessione di diverse singolarità, ogni ripetizione identica fallisce.

In realtà, tali considerazioni potrebbero essere svolte anche per *ogni singola* oscillazione nel momento in cui essa viene divisa in altre unità in se-

²⁰⁸ Cfr. MSC, p. 242.

²⁰⁹ MSC, p. 241.

quenza, sicché il pendolo “isolato” non torna mai allo *stesso* punto di partenza nelle sue parti temporali. Ora, l’unico modo in cui possiamo tenere insieme diverse unità che si succedono non è quello di scomporle o ricomporle, ma di ricorrere alla *nostra rappresentazione del tempo*, che si forma «per il rapporto esistente tra il contenuto della nostra memoria e il contenuto della nostra percezione attuale»²¹⁰. Ma ciò non significa affatto una psicologizzazione del tempo o una sua introiezione nella “durata” dell’atto di coscienza. Ogni processo – sia esso psicologico, fisico o fisiologico – può apparire reversibile o irreversibile, discreto o continuo, divisibile o indivisibile a seconda della prospettiva con cui lo si coglie: non serve a nulla separare il tempo della coscienza, continuo e dotato di senso, dal tempo delle cose discontinuo e ripetitivo.

Un processo meccanico, traducibile in equazioni reversibili, può sempre servire a descrivere un evento fisico irreversibile e determinato in una sola direzione, come il passaggio di calore da un corpo più caldo a uno più freddo²¹¹. Ma da dove deriva – nota Mach – la *differenza di temperatura* da cui ricaviamo l’unidirezionalità del passaggio termico? Come Mach specificherà meglio nel suo volume sulla *Teoria del calore*, non vi è una temperatura assoluta di un corpo: ogni stato fisico assume rilievo in confronto a un altro stato, e se diciamo che un corpo è *più caldo* perché l’energia cinetica delle sue parti è maggiore e il loro movimento è più ordinato rispetto a uno *più freddo*, in cui appaiono invece moti minori o più disordinati, non solo abbiamo *già impiegato* un certo criterio di comparazione, ma abbiamo anche *già definito* ciò che per noi significa “ordine” e “disordine”. *Ogni stato di parti può essere in “ordine” o in “disordine”, non possiamo ricavare ciò da un’analisi della loro configurazione interna*. Perciò, «se abbiamo davanti a noi due corpi che si toccano e li lasciamo a sé stessi, constatiamo che le loro temperature passano da dislivelli maggiori, *di cui conserviamo il ricordo nella memoria*, ad altri minori, che *attualmente percepiamo*, e mai avviene il contrario»²¹². Ciò significa che un indice termometrico arbitrariamente scelto, con cui attestiamo l’irreversibilità del processo fisico, viene posto in variazione parallela alla nostra *sensazione di calore*, così come, per misurare il tempo di tale irreversibilità, un moto scelto arbitrariamente viene posto in parallelo con la nostra *sensazione di tempo*.

Immaginiamo ora – conclude Mach – che quell’unica grandezza, che nella natura determina tutte le altre, esprima il passaggio complessivo da

²¹⁰ MSC, p. 242.

²¹¹ Cfr. MSC, p. 243.

²¹² *Ibid.*

uno stato di maggior ordine a uno di ordine minore: essa sarebbe una specie di *misura assoluta del tempo*, cioè l'indice dell'entropia dell'universo²¹³. Ma non possiamo ricavare ciò dalle equazioni, in quanto tale grandezza è solo un valore da cui dipendono tutti gli altri valori assegnati alle variabili e che, per conversione, può essere a sua volta espressa dalla composizione di questi valori derivati. Pertanto, l'unica misura "assoluta" del tempo, nella sua irreversibilità, potrebbe essere tratta solo dall'assegnazione *comparativa* della nostra sensazione di tempo all'universo, anche se, in tal modo, non avremmo affatto assimilato il tempo del cosmo al tempo della coscienza poiché, a dettarne il senso e i valori di grandezza, non sono gli stati della nostra coscienza, ma le relazioni tra i fenomeni che abbiamo appena considerato nell'esperienza.

La lunga trattazione che Mach svolge intorno ai concetti della dinamica lo porta a confrontarsi, nelle edizioni successive del suo testo, con la meccanica di Hertz, allo scopo di evidenziarne sia i punti di convergenza, sia i limiti esplicativi, legati ai residui delle tradizionali concezioni sostanzialistiche sulla massa e sulla forza. In tal senso, Mach intende evidenziare come il merito dell'*automorfismo* hertziano consista soprattutto nell'aver posto l'accento sull'*utilità* e *comodità* delle immagini, la cui costruzione ha lo scopo di eliminare il superfluo senza però ricadere nell'arbitrarietà, in quanto la corrispondenza tra le immagini e i fenomeni deve sempre preservarne la struttura nel momento in cui vengono svolte delle *operazioni* sui rispettivi insiemi. Ma, nota Mach, in ogni istante l'esperienza può distruggere tale corrispondenza; perciò anche le operazioni devono essere opportunamente modificate al fine di ricostituire la corrispondenza su nuove basi e con altre immagini²¹⁴. Ora, possiamo dire che la teoria hertziana delle immagini sod-

²¹³ Cfr. *ibid.*

²¹⁴ Cfr. MSC, p. 273. Nell'automorfismo hertziano, le *operazioni* (da Hertz chiamate "conseguenze") svolte sulle immagini (insieme *A*) devono corrispondere alle *immagini* delle operazioni svolte sui fenomeni (insieme *B*). L'insieme *A* viene dunque "rappresentato" nell'insieme *B* (cioè $f: A \rightarrow B$), e tale rappresentazione è un isomorfismo se, attraverso una corrispondenza biunivoca con le operazioni sui fenomeni, possiamo svolgere operazioni *giuste* sulle immagini, creando così una *struttura*. Ma, a loro volta, le operazioni o "conseguenze dei fenomeni" costituiscono delle *immagini strutturate*; quindi operazioni *diverse*, svolte sulle immagini e sui fenomeni, si corrispondono nel senso dell'automorfismo se mantengono la stessa struttura nella variazione inter-immaginativa (per concorrenza di diversi modelli) o intra-immaginativa (per modificazione dello stesso modello al fine di conservare la sua affidabilità). L'obiezione di Mach è che non possiamo sapere se le variazioni dei modelli, o quelle interne allo stesso modello, siano in grado di mantenere l'automorfismo preservando le operazioni, poiché l'unica garanzia di stabilità strutturale deve da ultimo sempre ricorrere alla *capacità* delle immagini – ciò che nella *Gestaltpsychologie* prenderà il nome di "pregnanza" – dovuta alla loro semplicità, bellezza, coerenza e ripetizione. Ad esempio, di solito si ritiene più sem-

disfi quest'esigenza? Hertz sostiene che siano sufficienti le nozioni di spazio, tempo e massa, in quanto la *forza*, essendo modellata sulle nostre sensazioni di pressione, attrazione e repulsione, non è qualcosa di realmente osservabile²¹⁵. Egli adotta quindi il punto di vista di Gauss, secondo cui l'inerzia di un corpo costituisce un *vincolo* determinabile tramite equazioni differenziali e tale da impedire il più possibile lo scostamento del suo moto dalla direzione per esso più "libera" e "naturale"²¹⁶.

Tuttavia, la nozione di "vincolo" non risolve i problemi connessi al concetto di forza. È vero che in tal modo si eliminano dalla *dinamica* tutte le qualità occulte, ma la risoluzione dei rapporti tra i corpi in una geometria dei moti sul modello della geometria analitica cartesiana lascia comunque inalterato lo scarto tra le equazioni matematiche e la realtà fisica. Così, per colmare il divario, le immagini di queste *equazioni*, che sono prodotte da noi e che possiamo controllare, vengono sostituite ai fenomeni. Se, ad esempio, per spiegare il movimento è prevista l'adozione di una serie di equazioni differenziali che non corrispondono ai vincoli direttamente osservabili, si devono in ogni caso immaginare, come fa Hertz, masse nascoste e moti nascosti che rendano conto del fenomeno. Da ciò risulta che, non potendo conoscere il rapporto tra masse osservabili e masse nascoste, «il fatto essenziale viene ridotto, in ultima istanza, proprio all'*esistenza* di queste equazioni»²¹⁷.

1.5. *La meccanica nel suo svolgimento formale e il "principio di economia"*

Le difficoltà connesse all'automorfismo hertziano non impediscono comunque a Mach di valutarne gli aspetti positivi, soprattutto riguardo al tentativo di ricavare la nozione di forza da una "critica del concetto di massa" che Mach stesso aveva già impostato in un breve scritto del 1868²¹⁸. Una volta definita la massa mediante le accelerazioni, è evidente che si possa fare a meno della nozione di forza, risolvendola nella "capacità acceleratrice" di un corpo. Ma si potrebbero anche evitare le nozioni di "accelerazione", "capacità" e "vincolo", in quanto la variazione di velocità si riduce agli spa-

plice ed evidente attribuire la causa del moto di una massa su un cerchio alla forza che ha origine dal centro, ma si potrebbe ugualmente considerare tale massa come dipendente da una massa uguale di velocità opposta a distanza equivalente al doppio del raggio (cfr. MSC, p. 277).

²¹⁵ Cfr. H. Hertz, *I Principi della meccanica*, cit., pp. 24 sgg.

²¹⁶ Cfr. MSC, pp. 274-275.

²¹⁷ MSC, p. 275.

²¹⁸ Cfr. E. Mach, *Über die Definition der Masse*, cit.

zi occupati in proporzione quadratica nelle successioni delle unità di tempo. A loro volta, “spazio” e “tempo” potrebbero essere ricondotti ai luoghi occupati dalle masse e alle accelerazioni reciprocamente impresse in base al tipo e alla sequenza dei rispettivi movimenti. L'intero sistema di relazioni si ridurrebbe così a un *insieme formale* di simboli, equazioni e funzioni che non hanno più alcun significato fisico. Il problema, dunque, non è se si possa evitare un concetto a favore di un altro ritenuto più fondamentale²¹⁹, ma che tutti i concetti sono di ugual valore dal punto di vista formale e, se assumono un *significato*, ciò è dovuto al fatto che ricorriamo sempre alla nostra esperienza dei fenomeni, esprimendo con un unico nome, in modo utile e abbreviato, insiemi di circostanze che rivestono per noi un certo interesse²²⁰. Così, la “forza” esprime la *pressione avvertita*, la “massa” il *peso sentito*, l'“accelerazione” la *velocità progressiva* assunta dal nostro corpo rispetto ad altri corpi, lo “spazio” e il “tempo” – rispettivamente – il *luogo* in cui ci troviamo e la *distanza* che avvertiamo tra eventi che ricordiamo ed eventi che percepiamo.

Il “principio di economia”, spesso individuato come base imprescindibile dell'epistemologia machiana²²¹, non esprime dunque solo una tendenza alla semplificazione e al risparmio, in modo da rendere le conoscenze più facilmente comprensibili, comunicabili e utili²²², ma anzitutto il contatto preteoretico con la nostra realtà vissuta del mondo. Esso non è un espediente per eliminare ciò che risulta inconoscibile perché si sottrae alla nostra sensibilità, ma un criterio che adottiamo affinché il mondo abbia un significato e corrisponda a determinati scopi. In questo senso, l'“economia del pensiero” non toglie né aggiunge nulla ai fenomeni; al contrario, essa esprime ciò che assume rilievo in relazione alle circostanze nelle quali la nostra esperienza si costituisce. Vi sono casi – e sono la maggioranza nell'universo fisico – in cui compaiono forze senza pressioni *avvertibili*, o accelerazioni senza velocità *riscontrabili*: «se un pezzo di ferro» – nota Mach – «è posto sopra un tavolo, sono presenti due forze in equilibrio, il peso del fer-

²¹⁹ In questo senso, dissentiamo dall'opinione di Koslow e Banks secondo cui Mach, all'opposto di Hertz, «manifestava una credenza nella realtà delle forze che discendeva da Newton stesso» (cfr. A. Koslow, *Mach's Concept of Mass: Program and Definition*, «Synthese», 18, 1968, p. 222; E.C. Banks, *Ernst Mach's "New Theory of Matter" and his Definition of Mass*, cit., p. 620).

²²⁰ Cfr. CE, p. 130.

²²¹ Cfr., in particolare, MSC, pp. 470 sgg.; E. Mach, *Le idee-guida della mia teoria della conoscenza scientifica e la loro ricezione da parte dei contemporanei*, cit., pp. 116-120. Su ciò, si veda anche E.C. Banks, *The Philosophical Roots of Ernst Mach's Economy of Thought*, «Synthese», 139, 2004, pp. 23-53.

²²² Cfr. CE, p. 131.

ro e l'elasticità del tavolo, ed entrambe sono pienamente verificabili»²²³. Ora, il pezzo di ferro appare immobile, e potrebbe essere piccolo o grande a tal punto da sottrarsi ad ogni *sensazione effettiva* di pressione; ma ciò non implica che il *significato* della forza o dell'accelerazione, che anche in questo caso aggiudichiamo al fenomeno, sia in generale scindibile dalla sensazione di pressione e di velocità.

Mach evidenzia come l'opposizione dello scienziato all'adozione nelle spiegazioni fisiche di principi "economici" o legati al senso comune, come quello di "minima azione" o della forza come "*vis impressa*" che si estingue lentamente²²⁴, sia spesso dovuta al fatto che tali principi introdurrebbero il *finalismo* o ipotesi antropomorfe in leggi che non hanno nulla a che fare con la condizione soggettiva dell'osservatore, con il suo stato sensibile o "naturale" in relazione ai fenomeni. Ma se fosse così, dovremmo respingere dall'indagine fisica anche le nozioni di tempo e velocità, in quanto ogni sistema meccanico, sebbene indipendente dal soggetto, «contiene in ogni caso sempre *relazioni con il futuro*»²²⁵. A maggior ragione, «anche i principi che definiscono l'invariabilità della quantità di materia, la costanza della somma delle quantità di moto, l'indistruttibilità del lavoro e dell'energia – principi che dominano ancor oggi tutta la scienza fisica – si sono senza dubbio formati sotto l'influsso di *idee teologiche*»²²⁶.

Ma il vero motivo per cui sorgono tali idee, dando l'impressione che la natura si svolga così come l'uomo desidera in base alle sue richieste di "semplicità" e di "economia", è dovuto a sua volta a un fenomeno descrivibile, e non solo a tendenze preconcepite o ad inclinazioni culturali. Si consideri, ad esempio, il "principio del minimo" applicato al fenomeno della luce: «noi oggi sappiamo che la luce si propaga *per tutti i cammini*, ma che, in quello percorso nel tempo minimo, le onde luminose si rafforzano in modo da avere un *effetto percepibile dal senso*»²²⁷. Il principio *fisico* del minimo è dunque falso, ma non è falso il principio del minimo in relazione a quell'unico evento che può dare un significato al fenomeno fisico della luce accolto nella nostra esperienza, sicché «alcuni fenomeni naturali *danno l'impressione di economia* per il fatto che essi diventano percepibili solo se si produce un'accumulazione degli effetti [...]. Per questa ragione, la luce *sembra* propagarsi seguendo la traiettoria che è percorsa nel tempo mini-

²²³ MSC, p. 276.

²²⁴ Cfr. MSC, p. 282.

²²⁵ MSC, p. 276.

²²⁶ MSC, p. 450.

²²⁷ MSC, p. 452.

mo»²²⁸. Le percezioni sono *apparenze* se vengono scambiate e sovrapposte alle realtà dell'ambito fisico, ma sono vere e reali in relazione alle circostanze che sono proprie dei sensi e che tracciano i margini di significazione dell'esperienza, l'unico entro cui ogni fenomeno fisico può darsi a noi. Se i due insiemi di circostanze vengono distinti, non vi è alcun pericolo di *soggettivazione* della realtà anche se si parla di "economia del pensiero", mentre tale pericolo si presenta laddove essi vengono confusi; un rischio – del resto – a cui va incontro anche la teoria evoluzionistica di Darwin, nella misura in cui essa «*attribuisce* alla natura degli intenti economici che sono nostri»²²⁹. Perciò, «invece di celebrare la tendenza economica della natura, è più chiaro, più rigoroso e al tempo stesso gode di validità più generale, anche se suona meno sublime, dire: *accade sempre solo ciò che può accadere in presenza delle forze e sotto le condizioni date*»²³⁰.

Quando ci troviamo di fronte a un fenomeno complesso, su cui incidono molti fattori che non possiamo ricondurre alle nostre sensazioni, siamo portati a cercare il *principio determinante* che ci consenta di comprenderlo in modo univoco, ossia che giustifichi il fatto che esso ci si presenti non solo come distinto da un altro fenomeno, ma anche come *l'unico* che può realizzarsi. Si tratta di ciò che Joseph Petzoldt chiama "legge di determinazione univoca", esposta in un suo saggio del 1895, ma già delineata, a partire dagli inizi degli anni Novanta, in una serie di articoli apparsi nella «Rivista trimestrale per la Filosofia scientifica» fondata da Richard Avenarius²³¹. Petzoldt intendeva tale principio come collegato alla "tendenza alla stabilità" di Fechner e, soprattutto, ai concetti di massimo e minimo sviluppati da Eulero, Gauss e Avenarius²³². Ogni fenomeno naturale è infatti variabile, e le condizioni della variazione sono incluse tra due limiti estremi che, in base a processi differenziali, indicano il punto in cui cessa la variazione e il fenomeno si "stabilizza", cioè si realizza presentando caratteristiche univoche e invarianti. In particolare, in natura tende a realizzarsi sempre il minimo, poiché ciò comporta un minor dispendio di forza e di tempo nello svolgimento dei processi.

²²⁸ *Ibid.*

²²⁹ MSC, p. 453.

²³⁰ *Ibid.*

²³¹ Cfr. J. Petzoldt, *Das Gesetz der Eindeutigkeit*, in «Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Philosophie», 19, 1895, pp. 146-203; Id., *Maxima, Minima und Ökonomie*, in «Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Philosophie», 14, 1890, pp. 206-239, 354-366, 417-442.

²³² Cfr., a tal riguardo, le dettagliate osservazioni di C. Russo Krauss, *Dall'empiricritismo al positivismo relativistico*, cit., pp. 29 sgg.

Perzoldt evidenziava tuttavia come la stabilità non fosse tanto legata a caratteristiche di massimo e minimo in cui appaiono i fenomeni, ma ai *processi di annullamento* dei valori di una funzione quando i fenomeni si trovano nei punti di massimo o di minimo²³³. In altri termini, ciò significa che l'“univocità” è sinonimo di scomparsa della variazione, anche se tale scomparsa si può in realtà rappresentare matematicamente solo attraverso un processo di approssimazione al limite. In tal modo, Petzoldt distingueva correttamente le rappresentazioni, fornite dagli strumenti matematici, dai fenomeni che effettivamente si verificano nella realtà, dato che i *valori* numerici o le “costanti” assegnate alle variabili non dipendono dalla struttura formale della funzione, ma dalle effettive esperienze della natura e dalle conoscenze ad esse connesse. A questo punto, però, nell'argomentazione di Petzoldt si verificava una torsione dal piano empirico-conoscitivo a quello metafisico-ontologico: anziché interrogarsi intorno al *significato* assunto dall'univocità all'interno dell'esperienza, egli giungeva a considerare l'univocità come una “proprietà” dell'accadere naturale, nella convinzione che una determinazione epistemicamente univoca potesse darsi solo se a fondamento dell'intero processo si fosse trovata una *realtà* in sé unica²³⁴. Egli riproponeva così, in modo sottaciuto, l'antica concezione dell'*univocità dell'essere* risalente a Platone e agli Stoici, senza però affrontare in modo adeguato le questioni che emergevano da tale univocità e che avevano condotto le concezioni “univocistiche” a sviluppare, come contrappeso, una logica e una teoria della conoscenza basate sull'equivocità dei modelli semantici, cioè sui *diversi* significati dell'essere rispetto all'unica esistenza “stabile” e “singolare” della realtà. Testimonianza di questa confusione tra il piano empirico-semantico e quello ontologico, nel tentativo di “dedurre” il primo dal secondo considerato come garanzia di “oggettività” delle rappresentazioni, era il fatto che egli si appellasse a quello stesso principio di ragion sufficiente che Mach aveva già criticato nel suo scritto sulla *Conservazione del lavoro* e che portava Petzoldt a giudicare l'annullamento di una funzione – in cui, ad esempio, la derivata prima assume valore zero in corrispondenza ai punti di massimo, minimo o flesso – come un caso distinto e in sé ontologicamente più significativo²³⁵, mentre esso è evidentemente sullo stesso piano degli altri, dato che *per ogni punto di una curva si può esprimere la “tendenza a zero” dell'incremento infinitesimale*.

²³³ Cfr. J. Petzoldt, *Maxima, Minima und Ökonomie*, cit., pp. 215-216.

²³⁴ Cfr. *ibid.* Su ciò, cfr. C. Russo Krauss, *Dall'empiricriticismo al positivismo relativistico*, cit., p. 58.

²³⁵ Cfr. J. Petzoldt, *Maxima, Minima und Ökonomie*, cit., pp. 216-217.

In tal senso, Mach rispondeva a Petzoldt che non esiste una *legge a priori* di determinazione univoca, ma che «solo l'esperienza può insegnarci quale sia la dipendenza reciproca tra i fenomeni e quale sia la circostanza determinante»²³⁶. Nessun fenomeno è in sé indeterminato, povero o instabile rispetto ad altri considerati come maggiormente stabili e determinati: sostenere che le cose che si realizzano sono più determinate o stabili equivale a sostenere che il tempo, l'ordine o il disordine sono proprietà intrinseche della realtà, mentre appaiono tali sono al nostro sguardo disattento allo svolgimento complessivo della "curva" di variazione e interessato solo a casi particolari. La stabilità e la determinazione sono caratteristiche che emergono da processi e da relazioni, sicché i fenomeni d'inerzia e quelli di accelerazione esprimono *due volte* lo stesso fatto, essendo fenomeni che si possono evidenziare per privazione di aspetti o per inversione di senso di una medesima compagine strutturale²³⁷.

I rilievi mossi nei confronti della legge di determinazione univoca – che Mach si dichiarava disposto a condividere solo a condizione di limitarsi ad affermare che «nella natura accade solo quello che può accadere e nella misura in cui può accadere, e ciò avviene solo in un modo»²³⁸ – fornivano a Mach l'occasione per rispondere a tutte quelle concezioni fisiche che, pur evidenziando l'insostenibilità della nozione newtoniana di spazio assoluto, cercavano in ogni caso di mantenere l'indipendenza della legge d'inerzia, in

²³⁶ MSC, p. 282.

²³⁷ Cfr. MSC, p. 283.

²³⁸ PDW, pp. 440-441. Su ciò, cfr. E. Cassirer, *Substanzbegriff und Funktionsbegriff. Untersuchungen über die Grundfragen der Erkenntniskritik*, Bruno Cassirer, Berlin 1910, trad. it. di E. Arnaud, con un'Introduzione di M. Ferrari, *Sostanza e funzione. Ricerche sui problemi fondamentali della critica della conoscenza*, La Nuova Italia, Firenze 1999, pp. 350-351; P. Natorp, *Die logischen Grundlagen der exakten Wissenschaften*, cit., pp. 334-337. Contro Mach, Natorp ribadisce l'argomento tipico dell'idealismo logico neokantiano secondo cui, anche se come semplici "idee", spazio e tempo assoluti sono necessari per poter pensare tutte le determinazioni spaziali e temporali relative, poiché tale assolutezza ideale assicura la possibilità di un'unica connessione funzionale degli eventi o, meglio, di quella connessione *univoca* che corrisponde alla realtà effettiva (cfr. ivi, pp. 328 e 337). Ma, secondo Mach, a quest'*idealità trascendentale* di spazio e tempo non potrebbe mai corrispondere – in termini kantiani – una *realtà empirica* univoca. I casi sono infatti due: o con "idealità trascendentale" della connessione funzionale s'intende uno *schema* di funzione contenente variabili libere, e allora il rapporto tra tale schema e la realtà non è univoco, ma uni-plurivoco (uno-molti), oppure, come vuole Natorp (*Die logischen Grundlagen*, cit. p. 335), si concepisce la funzione insieme alle sue variabili vincolate come la rappresentazione della *totalità* degli eventi che chiamiamo "natura", aprendo così la questione, del tutto paradossale, della possibilità di una determinazione funzionale univoca dell'*intero universo*. Ci troveremmo infatti nella situazione in cui il numero di elementi o di grandezze (*n*) equivale al numero delle equazioni (*n'*), cioè «la natura sarebbe invariabile» (MSC, p. 242).

quanto garanzia della costanza e dell'uniformità del comportamento di un corpo «abbandonato a se stesso»²³⁹. In particolare, Mach prendeva in esame la concezione del matematico Carl Neumann che, alcuni anni prima della *Meccanica*, aveva pubblicato un volume sul *Principi della teorie di Galilei e Newton* in cui, per giustificare l'inerzia del moto rettilineo uniforme, ricorreva a un ipotetico e fittizio “corpo Alfa” come esempio di un punto di riferimento *a piacere* al quale il moto deve rapportarsi, precisando successivamente che si trattava solo di un'ipotesi di carattere matematico, volta a postulare «l'esistenza di un insieme infinito di sistemi di riferimento inerziali dinamicamente equivalenti»²⁴⁰. In tal senso, pur rifiutando l'idea di uno spazio assoluto newtoniano, inconcepibile nella misura in cui esso rifiutava ogni punto di riferimento, Neumann mirava a salvaguardare l'idea del *movimento assoluto* contenuto nella legge d'inerzia, la quale, pertanto, poteva rivendicare la propria autonomia dalla dinamica dei processi di accelerazione.

Al di là della confusione tra aspetti fisici e matematici – infatti, se il “corpo Alfa” è solo un simbolo che può essere sostituito da qualsiasi corpo a piacere, allora la struttura inerziale a cui si richiama non è un principio fisico, ma solo lo *schema* di un principio, cioè una funzione proposizionale –, l'ipotesi di Neumann poneva in rilievo l'esigenza di ricorrere a un *sistema di coordinate* allo scopo di fondare lo stato fisico-spaziale di un corpo, assegnando così la variazione non al corpo in sé, ma al sistema stesso, sicché «il fenomeno che avviene in natura non sarebbe altro che una semplificazione e un caso-limite dei fenomeni cinematici possibili»²⁴¹. Neumann veniva così non solo a convergere con le ricerche del fisico Ludwig Lange sul “sistema di riferimento inerziale”²⁴², ma anticipava alcune considerazioni sviluppate negli anni Venti del Novecento da Hans Reichenbach intorno alla “cono-

²³⁹ MSC, p. 281.

²⁴⁰ Cfr. C. Neumann, *Ueber die Prinzipien der Galilei-Newtonschen Theorie*, Teubner, Leipzig 1870, pp. 15 sgg.; Id., *Über den Körper Alpha*, «Berichte über die Verhandlungen der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften. Physische Klasse», 62, 1910, pp. 69-86, in particolare pp. 70 sgg. Su ciò, cfr. R. Disalle, *Carl Gottfried Neumann*, «Science in Context», 6, 1993, 1, pp. 345-353, in particolare p. 349; C. Russo Krauss, *Dall'empiricriticismo al positivismo relativistico*, cit., pp. 179 sgg.

²⁴¹ MSC, p. 255.

²⁴² Cfr. L. Lange, *Über das Beharrungsgesetz*, «Berichte über Verhandlungen der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften. Mathematische-physikalische Klasse», 1885, pp. 333-351; Id., *Die geschichtliche Entwicklung des Bewegungsbegriffs und ihr voraussichtliches Endergebnis*, Engelmann, Leipzig 1886.

scienza come coordinazione²⁴³. Reichenbach noterà tuttavia che una coordinazione è bilateralmente definita quando sono indipendentemente definiti gli elementi appartenenti agli insiemi coordinati (ad esempio, i *punti* di un piano geometrico e i *valori* di un insieme numerico), ma ciò non avviene nella conoscenza della realtà fisica, poiché in tal caso è il metodo stesso della coordinazione, in base alle sue condizioni operative, a fissare gli elementi dal punto di vista conoscitivo²⁴⁴. Pertanto, qualsiasi sistema di coordinate – matematico o geometrico – possa essere assunto per garantire la permanenza del momento inerziale di un corpo dal punto di vista fisico, esso dovrà comunque essere verificato anche rispetto alle *effettive condizioni dinamiche* in cui l'inerzia stessa si presenta all'interno del sistema delle accelerazioni. A tal riguardo, Mach osserva come nella realtà fisica non si possano isolare a piacere le condizioni dinamiche tracciando confini arbitrari tra un corpo – o un sistema di corpi – e l'altro. A fronte di ciò, Neumann pensava che, oltre al “corpo Alfa”, una prova decisiva a favore del movimento assoluto potesse essere offerta immaginando come condizione dinamica un corpo celeste liquido sottoposto a un moto di rotazione circolare, in cui la *forza centrifuga* determinava l'appiattimento della sua massa: la forma appiattita e la rotazione sarebbero rimasti costanti anche nel caso della *scomparsa* degli altri corpi celesti, poiché, in caso contrario, verrebbe meno ogni differenza fra stato di rotazione e stato di quiete e, insieme al resto dell'universo, scomparirebbe anche l'appiattimento²⁴⁵.

Ora, secondo Mach tale prova era in difetto per due ragioni, una di carattere metodologico e l'altra di tipo fisico-contenutistico. Riguardo alla prima, Mach osservava che Neumann aveva fatto un «uso troppo libero del metodo dell'“esperimento mentale”», poiché la variazione delle circostanze che esso comporta non può in ogni caso spingersi ad accettare ipotesi prive di significato fisico, cioè volte a sostituire al fenomeno studiato un fenomeno di tutt'altro genere, il quale implica «l'assunzione *a priori* che l'universo intero sia senza influenza»²⁴⁶. Ma l'errore più grave consiste nell'ammettere delle condizioni dinamiche *ad hoc*, vale a dire funzionali all'immagine che si

²⁴³ Cfr. H. Reichenbach, *Relatività e conoscenza a priori*, cit., pp. 88 sgg.; Id., *Philosophie der Raum-Zeit-Lehre*, de Gruyter, Berlin-Leipzig 1928, ora in Id., *Gesammelte Werke*, Bd. II, hrsg. von A. Kamlah, M. Reichenbach, Vieweg, Braunschweig-Wiesbaden 1977; trad. ingl. di M. Reichenbach e J. Freund, *The Philosophy of Space and Time*, Dover, New York 1958, trad. it. dell'ed. ingl. di A. Carugo, *Filosofia dello spazio e del tempo*, Feltrinelli, Milano 1977, pp. 39-45.

²⁴⁴ Cfr. H. Reichenbach, *Relatività e conoscenza a priori*, cit., pp. 90-93.

²⁴⁵ Cfr. C. Neumann, *Ueber die Prinzipien der Galilei-Newtonschen Theorie*, cit., pp. 27-29.

²⁴⁶ MSC, p. 289.

vuole addurre come prova. Infatti, le “forze” sono assunte da Neumann solo come proprietà delle relazioni interne al fenomeno, senza considerare che, dal punto di vista dinamico, non vi è alcuna differenza tra rotazione e traslazione, essendo entrambe dipendenti dai rapporti tra gli spazi in cui si considerano i punti-massa²⁴⁷. In altri termini, così come il corpo intero, anche il liquido contenuto nel corpo può essere ritenuto, in ogni sua frazione, come una massa unitaria compatta rispetto ad altre frazioni minori, per cui la definizione della sua forma (appiattita, sferica, ecc.) varia a seconda delle unità di grandezza e delle relazioni prese in esame. In ultima istanza, il tentativo neumanniano di salvare il moto assoluto incorre nelle stesse difficoltà delle “prove” addotte da Newton a favore dello spazio assoluto, sicché «gli stimolanti paradossi di Neumann si dissolvono già con la negazione dello spazio assoluto»²⁴⁸.

A conclusione di tutti i tentativi svolti per salvare il concetto di moto assoluto, che rivendicavano per esso un'evidenza apparentemente maggiore rispetto a quella dello spazio attraverso il fatto che anche Galileo avrebbe “scorto immediatamente” la validità del momento inerziale²⁴⁹, Mach ribadiva che «chiunque dica di avere una rappresentazione del moto assoluto, si riferisce il più delle volte all'immagine di un moto relativo che ha conservato nella memoria»²⁵⁰. A ciò si potrebbe replicare che, se fosse così, anche il tempo non avrebbe alcuna realtà oggettiva, poiché – come Mach stesso sottolinea – esso non è altro che il rapporto tra il nostro ricordo degli eventi passati e la nostra percezione attuale. Ma quest'obiezione di fonda su una premessa ellittica, vale a dire che ciò che è “oggettivo” debba essere semplice e separabile da qualsiasi compagine relazionale. Non vi è infatti incompatibilità tra la relatività di spazio, tempo e movimento e la loro oggettività, così come tra la loro assolutezza e la loro soggettività.

Su questo punto, Mach introduce, per la prima volta in modo sistematico, la distinzione tra illusione e realtà che svilupperà in modo più approfondito nell'*Analisi delle sensazioni*: anche le illusioni sono fenomeni, cioè forme di realtà al pari di ciò che chiamiamo realtà esterna o effettiva; ciò che le distingue non è il loro modo di presentarsi, ma il tipo di relazioni e di legalità che esse coinvolgono, conferendo al fenomeno il suo peculiare *sensu* di realtà o di illusione²⁵¹. Per questa ragione Mach può affermare che «esistono illusioni sensoriali del moto assoluto che possono anche essere ripro-

²⁴⁷ Cfr. MSC, p. 254 nota.

²⁴⁸ MSC, p. 289.

²⁴⁹ Cfr. MSC, p. 285.

²⁵⁰ MSC, p. 286.

²⁵¹ Cfr. AS, pp. 43-44.

dotte nella rappresentazione. [...] Bisogna però tener presente che nessuna misura è applicabile allo spazio dell'illusione», poiché «questo spazio non ha nulla in comune con lo spazio della geometria»²⁵². Il termine “illusione” è equivoco, perché può indicare sia una condizione soggettiva, psichico-fisiologica, sia l'oggetto che si presenta in tale condizione. Si pensa così di poter distinguere, in uno stato psichico o mentale, il lato dell'atto (l'immaginare qualcosa) da quello dell'oggetto o del riferimento (*ciò che* viene immaginato), garantendo per l'oggetto immaginato delle forme di legalità (grandezze, proprietà spaziali, ecc.) che sono connesse alla sua natura “materiale” separata dall'atto, pur appartenendo entrambi *realiter* al medesimo ambito psichico-mentale. Ad esempio, in alcune illusioni connesse alle sensazioni motorie «sembra di spostarsi con l'ambiente circostante che rimane in quiete rispetto al proprio corpo, di volar via o di ruotare in uno spazio non definito da qualcosa di tangibile»²⁵³. Tuttavia, nota Mach, si tratta di uno spazio dell'immagine o della rappresentazione che suscita solo l'apparenza di uno spazio reale, poiché, se gli oggetti in esso contenuti avessero effettivamente una forma spaziale, potremmo tradurla in una geometria; ma è impossibile misurare l'angolo di un triangolo immaginato o determinare l'equivalenza dei suoi lati. Infatti, se in uno “spazio psichico” dell'illusione fosse possibile introdurre una forma di misurazione per il suo riferimento oggettuale, esso entrerebbe a far parte dello *spazio fisico*, e la sua “forma di legalità”, determinata dal grado di costanza e di ripetizione dei fenomeni, dovrebbe essere conforme ad ogni altra forma di legalità che conferiamo a tale spazio. A dire il vero – conclude Mach – ciò che possiamo effettivamente “confrontare” quando intendiamo distinguere l'illusione dalla realtà, non è un fenomeno psichico e soggettivo, dotato dei suoi particolari contenuti, con un fenomeno fisico e oggettivo (i quali non hanno in comune alcun senso logico), ma un insieme o una circostanza con altre appartenenti al *medesimo ambito relazionale*. Non c'è dunque «alcuna differenza fra il riferire le leggi del moto allo spazio assoluto e l'enunciarle in forma astratta, cioè senza indicare in modo esplicito il sistema di riferimento»²⁵⁴.

²⁵² MSC, pp. 286-287.

²⁵³ *Ibid.*

²⁵⁴ Osserva a tal proposito Mach (MSC, p. 287 nota): «Nella trattazione di questi problemi, mi capita di essere portato a pensare alle domande che una volta mi pose con la massima serietà un uomo molto stimabile: “Un braccio di panno che compare nel sogno è lungo come un braccio di panno reale? Si potrebbe introdurre in meccanica come unità di misura il braccio sognato?”».

1.6. *I sistemi, la meccanica analitica e il compito dell'economia della scienza. Il confronto con Husserl*

Al termine della sua lunga disamina dei principi meccanici, Mach riprendeva alcune considerazioni che aveva già svolto nel saggio sulla *Conservazione del lavoro*, allo scopo di chiarire ulteriormente il significato “economico” delle conoscenze scientifiche. In primo luogo, è impossibile attribuire alla natura intenti economici che sono solo nostri, quindi ogni discorso intorno alla “forma” con cui ci si presentano i fenomeni – ad esempio nelle configurazioni di massimo e di minimo – va respinto nella misura in cui separa il momento statico da quello dinamico. Infatti, per ogni mutamento non è decisivo il massimo o il minimo, ma che si verifichi o no lavoro, sicché non esiste una via più breve o più lunga nello svolgimento dei fenomeni, ma solo quella via «che può accadere in presenza delle forze e sotto le condizioni date»²⁵⁵. Riferendosi alle ricerche dell'antropologo britannico Edward Burnett Tylor²⁵⁶, Mach nota che possono esservi diverse ragioni per l'adozione di certi modelli esplicativi dei fenomeni e che, a tal riguardo, risultano determinati i fattori di carattere sociale e culturale. Ad esempio, oltre alle idee *teologiche*, che assumono l'intervento nella natura di una volontà intelligente che agisce in vista del fine migliore e più semplice, possono esservi – soprattutto in Età moderna – idee *mercantili*, che senza dubbio hanno influito sull'immagine del piano inclinato di cui si serve Stevin²⁵⁷.

Ma tutto ciò non spiega perché la concezione moderna del mondo ci appaia, in ultima istanza, come una *mitologia meccanica*, alla stessa stregua delle mitologie animistiche degli antichi. Vi è, in fondo, un elemento comune e del tutto legittimo che lega l'immagine teologica a quella meccanica, vale a dire la «tendenza dello spirito umano ad abbracciare in un *sistema unico* l'universo intero»²⁵⁸. L'errore non sta in questa tendenza – che di per sé dovrebbe rispondere all'esigenza di cogliere i fenomeni nella loro *reciproca dipendenza* –, ma negli strumenti d'indagine e nelle forme logiche che sono stati adottati per venire incontro al suo scopo. Qui Mach introduce per la prima volta la nozione di *sistema*²⁵⁹, rendendo così ineffettive tutte le interpretazioni *elementaristiche* della sua teoria degli elementi. Quando si

²⁵⁵ MSC, p. 453.

²⁵⁶ Cfr. E.B. Tylor, *Primitive Culture. Researches into the Development of Mythology, Philosophy, Religion, Language, Art, and Custom*, Murray, London 1871-1875², ed. it. a cura di G.B. Bronzini, *Alle origini della cultura*, Edizioni dell'Ateneo, Roma 1985.

²⁵⁷ Cfr. MSC, pp. 453-456.

²⁵⁸ MSC, p. 453.

²⁵⁹ Cfr. MSC, p. 454.

parla dell'insieme dei fatti come di un "sistema" (ad esempio, dell'universo), non si può ricorrere solo a leggi elementari o differenziali, che riguardano le proprietà di masse isolate. Infatti, una legge differenziale intende il fenomeno come un punto all'interno di un insieme di variazioni, non considerando i valori incrementali di una funzione che definiscono la struttura della curva a cui il punto appartiene. Così, una legge differenziale esprime certamente una proprietà del fenomeno (come la tangente a una curva in un punto esprime la direzione che un processo assume in quel punto), ma non permette di comprendere il significato che tale proprietà assume quando subentrano variazioni o trasformazioni all'interno di una compagine relazionale. Se riportiamo tutto ciò alle masse, ne risulta che possiamo calcolare con leggi elementari il valore di una massa, ma non possiamo cogliere come tale valore abbia origine, poiché «le proprietà di una massa implicano sempre relazioni con altre masse, e la velocità e l'accelerazione implicano una relazione con il tempo e quindi con l'universo intero»²⁶⁰. A tale scopo, dobbiamo «enunciare leggi integrali» che rendono le «proprietà dell'intero sistema», evitando così di ricadere nella facile conclusione – del tutto ingiustificata dal punto di vista logico, in quanto viziata dal ricorso a preventive assunzioni di carattere gnoseologico-antropologico – secondo cui «la considerazione delle proprietà generali della natura sia da evitare in quanto *poco sicura*»²⁶¹.

In tal senso – riprendendo alcune osservazioni di Hertz che, alcuni decenni dopo, troveranno un'adeguata formalizzazione nelle indagini di Paul Lorenzen, Oskar Lange e Ludwig von Bertalanffy²⁶² – Mach evidenzia che un sistema non è una semplice collezione di parti, la quale ricade nelle aporie della generalizzazione induttiva, ma può dirsi tale quando l'insieme di riferimento rivela *proprietà di struttura*, cioè costituisce la *classe di variabilità delle variabili* che si ritrovano nelle leggi elementari. Le leggi integrali non vanno dunque intese come semplici operazioni inverse delle leggi elementari e differenziali, ma come designanti *famiglie di funzioni* (ciò che in matematica si chiama "integrale indefinito"), le quali, come *modelli*, vengono

²⁶⁰ *Ibid.*

²⁶¹ *Ibid.*

²⁶² Cfr. P. Lorenzen, *Einführung in die operative Logik und Mathematik*, Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1955, Berlin-Heidelberg-New York 1969², pp. 239 sgg.; O. Lange, *Całość i rozumi w świetle*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1962, trad. ingl. di E. Lepa, *Wholes and Parts. A General Theory of System Behaviour*, Pergamon Press, London 1965, trad. it. di R. Sala, *La parte e il tutto. Una teoria generale del comportamento dei sistemi*, Rosenberg & Sellier, Torino 1981; L. von Bertalanffy, *General System Theory. Foundations, Development, Applications*, Braziller, New York 1967, trad. it. di E. Bellone, *Teoria generale dei sistemi. Fondamenti, sviluppo, applicazioni*, Mondadori, Milano 2004, pp. 95 sgg.

descritte dalle funzioni proposizionali ricavabili dalle leggi elementari. Poiché la struttura del sistema è il «reticolo degli accoppiamenti tra gli elementi», essa può essere anche definita come «l'insieme delle relazioni e delle loro trasformazioni isomorfe»²⁶³.

Il rilievo accordato alle nozioni di sistema e di struttura pone Mach di fronte all'esigenza di chiarire l'impianto metodologico di una scienza fisica che non voglia ricadere in una mitologia meccanica. Seguendo il dettato cartesiano, nella sua *Ottica* Newton aveva posto in un rapporto duale il metodo analitico e il metodo sintetico, dove il primo indicava la scomposizione del fenomeno, mentre il secondo la ricomposizione partendo da quegli elementi che erano stati individuati come *principi* esplicativi. Così, ad esempio, l'*analisi* consiste nel procedere «dai movimenti alle forze che li producono e in generale dagli effetti alle loro cause, e dalle cause particolari a quelle più generali, fino a giungere alle cause generalissime»; viceversa, la *sintesi* consiste «nell'assumere come principi le cause scoperte e, mediante queste, spiegare i fenomeni che ne derivano e provare tali spiegazioni»²⁶⁴.

In realtà – nota Mach – se scomponendo un fenomeno troviamo un elemento che vale come principio, a tale elemento viene allora assegnata una certa *validità* che non lo pone allo stesso livello logico degli altri, ma ci spinge ad assumerlo come un'ipotesi esplicativa dell'intero fenomeno. Il metodo prevalente nella meccanica newtoniana non è dunque analitico, ma *sintetico*, in modo simile «a quello usato dagli antichi geometri, in cui si ricava una conseguenza da ipotesi date»²⁶⁵. Si tratta di un'impostazione analoga al metodo *compositivo* galileiano (ipotetico-deduttivo), il cui criterio è in funzione del potere esplicativo dell'assunto, non della sua verosimiglianza. Tuttavia, a differenza del metodo galileiano, nella sintesi newtoniana non risulta evidente la funzione *paradigmatica* dell'ipotesi che, presentandosi come un elemento del fenomeno, rimane sempre al di sotto della configurazione astratta del “modello” e, quindi, della capacità semantica che quest'ultimo è in grado di sviluppare quando non si tratta di fenomeni semplici o isolati, ma di *strutture relazionali*. Così, mentre nella fisica galileiana il metodo *risolutivo* dell'analisi matematica – il cui criterio è la corrispondenza tra misure e calcolo – si pone non come duale, ma come complementare al metodo compositivo, dal momento che ai due metodi sono

²⁶³ O. Lange, *La parte e il tutto. Una teoria generale del comportamento dei sistemi*, cit., p. 49 e nota.

²⁶⁴ I. Newton, *Opticks: or, a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light* (1730), ed. it. a cura di A. Pala, *Ottica, o trattato sulle riflessioni, rifrazioni, inflessioni e sui colori della luce*, in Id., *Scritti di ottica*, UTET, Torino 1978, p. 604.

²⁶⁵ MSC, p. 457.

affidati, in modo esplicito, compiti logicamente diversi (rispettivamente, la verifica e la formulazione delle ipotesi), la fisica newtoniana entra invece in conflitto, in virtù della sua impostazione geometrico-sintetica, con la *meccanica analitica* o “algebrica” sviluppata da Eulero e Lagrange, il cui scopo non è d’individuare “principi” attraverso un’analisi scompositiva, ma di raggiungere mediante il calcolo numerico e simbolico «la più semplice padronanza pratica dei problemi che si presentano»²⁶⁶.

Ma per Mach la complementarità galileiana rimane sempre vincolata a una raccolta induttiva delle esperienze meccaniche e, d’altra parte, né la meccanica sintetica newtoniana, né la meccanica analitica e algebrica sono in grado di restituire quelle *proprietà di struttura* che devono emergere quando si tratta di «gettare uno sguardo sull’insieme dei fatti»²⁶⁷. A tale scopo, occorrerebbe anzi «riunire insieme i vantaggi della geometria analitica e dell’intuizione geometrica»²⁶⁸, così da esprimere compiutamente il significato di quelle «*costruzioni figurali*» che, dal lato della concettualizzazione matematica, corrispondono alle leggi integrali. Un rilievo particolare assumono, a questo proposito, le ricerche sulla “Teoria dell’estensione” svolte nella prima metà dell’Ottocento da Hermann Grassmann²⁶⁹, il cui fine è di sviluppare l’ideale cartesiano-leibniziano della *mathesis universalis* in modo da corrispondere alle esigenze formali della matematica moderna²⁷⁰. Grassmann parte da considerazioni generali che mirano a un’*algebrizzazione* dell’intero campo delle nozioni matematiche, in cui è inclusa anche la geometria come scienza dello spazio che si avvale di notazioni simboliche. Ciò non deve intendersi, tuttavia, come un semplice approfondimento formale della geometria analitica, poiché Grassmann non presuppone alcuna nozione assiomatica in cui rientrino gli oggetti geometrici e matematici (ad esempio, lo spazio tridimensionale euclideo o le serie degli insiemi numerici – naturale, reale, razionale, complesso, ecc.), ma mette in rilievo i diversi

²⁶⁶ MSC, p. 468.

²⁶⁷ MSC, p. 453.

²⁶⁸ MSC, p. 469.

²⁶⁹ Cfr. H. Grassmann, *Die Wissenschaft der extensiven Grösse oder die Ausdehnungslehre, eine neue mathematische Disciplin dargestellt und durch Anwendungen erläutert*, I. Teil: *Die lineale Ausdehnungslehre ein neuer Zweig der Mathematik dargestellt und durch Anwendungen auf die übrigen Zweige der Mathematik, wie auch auf die Statik, Mechanik, die Lehre von Magnetismus und die Krystallonomie erläutert*, Wigand, Leipzig 1844, 1878². Cfr., a tal riguardo, P. Cantù, *La matematica da scienza delle grandezze a teoria delle forme. L’Ausdehnungslehre di H. Grassmann*, Dissertazione, Milano 2008.

²⁷⁰ Cfr., a tal riguardo, E. Cassirer, *Sostanza e funzione. Ricerche sui problemi fondamentali della critica della conoscenza*, cit., p. 133.

modi di generazione degli elementi e delle relazioni in cui si strutturano i diversi campi del sapere matematico-geometrico²⁷¹.

Ogni scienza del numero e dello spazio appare così inquadrata in una *teoria generale delle forme*, che include il complesso degli atti costitutivi degli oggetti e delle relazioni nella loro configurazione discreta o continua, puntuale o estesa²⁷². Dato che un elemento può apparire semplice a un certo livello generativo-relazionale o complesso in un altro, così come può essere commutabile o non commutabile con altri elementi, la geometria tridimensionale si presenta come un caso particolare della *forma dimensionale*, la quale è trattabile algebricamente come qualsiasi altro oggetto matematico, dai numeri alle grandezze²⁷³. Poiché l'unico criterio decisivo della strutturazione formale è il tipo di generazione e la regola che da esso emerge, ogni elemento non vale mai in sé, né ha una "natura" che esso si aggiudica invariabilmente una volta per tutte, ma riceve il suo significato dal *sistema* e dal *campo relazionale* a cui appartiene in seguito alla sua generazione.

Così, in un processo generativo a partire da un elemento qualsiasi che non sia già ontologicamente pregiudicato, possiamo distinguere due aspetti: uno che si riferisce all'atto generativo o alla matrice operativa, l'altro che riguarda invece il contenuto dell'atto, cioè la matrice semantica. La sintassi complessiva del processo è il prodotto tra il momento operativo e quello semantico; ma se prescindiamo da questi ultimi, tutte le forme matematiche hanno una *forma sintattica comune* che si esprime nella posizione dei simboli rispetto ad altri e che rientra nel calcolo algebrico, delineando in tal modo ciò che in seguito Whitehead chiamerà "algebra universale"²⁷⁴. Se invece si considerano il momento operativo e quello semantico all'interno della struttura sintattica, è possibile distinguere tra forme *discrete*, che implicano più operazioni o atti distinti, e forme *continue* determinate da un'unica operazione, così come tra la successione di elementi *uguali* (espressi dallo stesso simbolo ripetuto) e la successione di elementi *differenti* (resi, al contrario, da simboli diversi posti in successione o in combinazione)²⁷⁵. Ad esempio, il "numero" è la forma discreta che sorge dalla successione di uguali, mentre

²⁷¹ Cfr. H. Grassmann, *Die Wissenschaft der extensiven Grösse oder die Ausdehnungslehre*, cit., pp. XXII sgg.; P. Cantù, *La matematica da scienza delle grandezze a teoria delle forme*, cit., pp. 206 sgg.

²⁷² Cfr. *ivi*, p. XXII.

²⁷³ Cfr. MSC, p. 469.

²⁷⁴ Cfr. A.N. Whitehead, *A Treatise on Universal Algebra with Applications*, Cambridge University Press, Cambridge 1898, pp. X sgg.

²⁷⁵ Cfr. H. Grassmann, *Die Wissenschaft der extensiven Grösse oder die Ausdehnungslehre*, cit., pp. XXIII-XXV.

la “grandezza” si presenta come una forma continua in successione di uguali se è di tipo *intensivo*, oppure come forma continua in successione di differenti se è di tipo *estensivo*²⁷⁶.

Ciò che, secondo Mach, risulta fecondo nell'insieme dello sviluppo genetico della teoria grassmanniana delle forme non è – come invece ha inteso sottolineare Cassirer, tentando di ricondurla alla matematica costruttiva kantiana – il lato intellettualistico-mentalistico della generazione, quasi si trattasse di un'anticipazione dell'idealismo logico della Scuola di Marburgo²⁷⁷, ma l'assetto puramente *relazionale* degli elementi, sicché ogni configurazione formale, nei diversi ambiti matematici, può assumere molteplici proprietà (discrete e continue, uguali e diverse) a seconda del rilievo acquisito da un certo tipo di relazioni. Anche il momento operativo può essere inteso senza far ricorso a processi mentali, poiché questi non servono a comprendere meglio il significato delle forme prodotte, né spiegano i rapporti logici che s'instaurano tra loro. Infatti, l'“algebra universale” di Grassmann, non essendo legata a una predefinita regione ontologica, fa sì che gli elementi possano assumere forme e funzioni differenti relativamente agli ambiti in cui vengono applicate le strutture algebriche, caratterizzando così diverse *dimensioni della realtà* in base all'aggiunta o alla sottrazione di proprietà ai simboli. In particolare, se si tratta di determinare una certa lunghezza rispetto a coordinate cartesiane fisse, basteranno grandezze scalari, se invece si tratta di determinare la forza e la velocità occorreranno notazioni vettoriali. Dal momento, però, che in un insieme formale-relazionale non vi sono elementi privilegiati, un certo processo generativo – ad esempio di tipo vettoriale – può incidere su tutti gli altri, costringendo anche le “coordinate di riferimento”, che tracciano lo “spazio” degli elementi, ad adattarsi alla sua forma²⁷⁸. Inoltre, la generazione vettoriale ha il vantaggio di consentire la fissazione e la manipolazione di grandezze senza l'assegna-

²⁷⁶ Cfr. *ivi*, pp. XXV-XXVI.

²⁷⁷ Cfr. E. Cassirer, *Sostanza e funzione. Ricerche sui problemi fondamentali della critica della conoscenza*, cit., p. 136. In effetti, la “logica dell'origine”, che Cassirer intravede nella «scienza formale» di Grassmann, sembra giustificata dal fatto che, nell'*Ausdehnungslehre* del 1844, lo stesso Grassmann parla di “atti del pensiero” a fondamento della generazione delle forme, mentre nell'edizione del 1862, intesa come sostituto della prevista seconda parte della prima edizione, l'intera trattazione viene svolta da un punto di vista esclusivamente algebrico-formale, prescindendo da quei riferimenti mentalistici che avrebbero ostacolato un'adeguata ricezione dell'opera all'interno degli studi matematici (cfr. H. Grassmann, *Die Ausdehnungslehre. Vollständig und in strenger Form*, Enslin, Berlin 1862, p. V).

²⁷⁸ Cfr. Cfr. H. Grassmann, *Die Wissenschaft der extensiven Grösse oder die Ausdehnungslehre*, cit., pp. 2 sgg.

zione preliminare di coordinate metrico-numeriche, ed è perciò più adatta a fornire il modello di un'algebra valida per qualsiasi geometria.

Il formalismo grassmanniano – che Giuseppe Peano e Hermann Weyl assumeranno come base per lo sviluppo degli “spazi vettoriali”²⁷⁹ – appare, in questo senso, come una *teoria generale delle trasformazioni*, in cui le variazioni, di tipo locale e strutturale, sono già previste dalla stessa sintassi algebrica degli elementi. Così, se si considera la formula $AB + BC = AC$ (e quindi $AB = AC - BC$), che nella geometria tradizionale descrive il rapporto tra lunghezze di tre punti collineari in cui B rappresenta il punto intermedio, essa rimane valida nella *forma algebrica* indipendentemente dall'ordine dei punti, a condizione che le lunghezze vengano intese come *segmenti orientati* in modo simile al calcolo vettoriale²⁸⁰. Infatti, poiché il segmento vettoriale AB equivale al segmento BA preso con segno negativo ($-BA$), e lo stesso vale per tutti gli altri segmenti orientati, l'espressione si può considerare invariante anche se C si trova tra A e B , essendo sempre vero che $AB = AC + CB = AC - BC$ ²⁸¹. In ultima istanza, poiché nella “sintassi delle forme” di Grassmann – similmente alla meccanica di Hertz – scompare ogni distinzione tra metodo analitico e metodo sintetico²⁸², essa può essere svolta come una *logica della struttura* in modo indipendente da qualsiasi assunzione ontologica, gnoseologica o psicologica, offrendo le basi per una nozione di “forma” utilizzabile in ogni ambito fenomenico.

Le indagini algebrico-formali di Grassmann, insieme alle ricerche sull'“algebra della logica” sviluppate nello stesso periodo da George Boole che «riprendono la via tracciata da Leibniz»²⁸³, permettono a Mach di approfondire il ruolo svolto dalle notazioni simboliche – di tipo logico, matematico e, più in generale, linguistico – nell'ambito della scienza e, al tempo stesso, di rispondere ad alcune obiezioni che gli erano state mosse a tal riguardo. Riferendosi all'*Autopresentazione*²⁸⁴ del 1910, Mach osserva come, gra-

²⁷⁹ Cfr. G. Peano, *Calcolo geometrico secondo l'Ausdehnungslehre di H. Grassmann preceduto dalle operazioni della logica deduttiva*, Bocca, Torino 1888; H. Weyl, *Raum, Zeit, Materie. Vorlesungen über allgemeine Relativitätstheorie*, Springer, Berlin 1918, p. 35.

²⁸⁰ Cfr. MSC, p. 469.

²⁸¹ Cfr., a tal riguardo, D. Fearnley-Sander, *Hermann Grassmann and the Creation of Linear Algebra*, in «The American Mathematical Monthly», 86, 1979, pp. 809-817, in particolare p. 814.

²⁸² Cfr. MSC, p. 469.

²⁸³ CE, p. 179. Su ciò, cfr. J. Preston, *Mach, Wittgenstein, Science and Logic*, in F. Stadler (ed by), *Ernst Mach – Life, Work, Influence*, Springer, Cham, Switzerland 2019, pp. 63-90, in particolare p. 78.

²⁸⁴ Cfr. E. Mach, *Le idee-guida della mia teoria della conoscenza scientifica e la loro ricezione da parte dei contemporanei*, cit., p. 115.

zie al rapporto con l'economista nazionale austriaco Emanuel Herrmann, risalente al 1864, fosse sorta in lui l'idea che i modi di espressione e di comunicazione del sapere attraverso formule e simboli si fossero affermati al fine di «risparmiare esperienza nella riproduzione e anticipazione dei fatti»²⁸⁵. Poiché – come nota Herrmann – «la cultura ci ha fornito i mezzi per guidare le forze naturali in base alla nostra volontà e per farle lavorare a nostro vantaggio»²⁸⁶, essa rappresenta una *prassi* che si estende dalla vita ordinaria alla scienza e che «esclude attività senza scopo»²⁸⁷. Da questo punto di vista, la formula matematica, con cui il fisico esprime una “legge” dei fenomeni, «non è affatto la riproduzione di una realtà ontologica o trascendentale che debba essere spiegata nelle condizioni della sua possibilità anzitutto dalla filosofia»²⁸⁸, ma «un'indicazione molto semplice e sintetica»²⁸⁹ per riprodurre nel pensiero tutti i fenomeni che manifestano caratteristiche che lo scienziato ha riunito in base a un predefinito criterio di somiglianza. Essa è dunque il perfetto sostituto di una *tabella empirica* quanto si vuole estesa che, «grazie alla formula, può essere prodotta nel modo più semplice in ogni momento, senza il minimo sovraccarico della memoria»²⁹⁰. Così, le leggi scientifiche, e le formule in cui esse si esprimono, non mirano a «riprodurre i fatti nella loro completezza», ma a evidenziare quegli aspetti che «sono importanti per noi, in vista di uno scopo nato direttamente o indirettamente da un interesse pratico»²⁹¹, sicché – ad esempio – «nella natura non esiste alcuna legge di rifrazione, ma solo diversi casi di rifrazione»²⁹². Al contrario, tale legge è solo «una regola, stabilita per il nostro uso, per la riproduzione dei fenomeni di una certa classe e che riguarda solo l'aspetto geometrico di tali fenomeni»²⁹³.

²⁸⁵ MSC, p. 470.

²⁸⁶ Cfr. E. Herrmann, *Cultur und Natur. Studien im Gebiete der Wirthschaft*, Allgemeiner Verein für deutsche Literatur, Berlin 1887, p. 4.

²⁸⁷ Cfr. E. Mach, *Le idee-guida della mia teoria della conoscenza scientifica e la loro ricezione da parte dei contemporanei*, cit., p. 116.

²⁸⁸ H. Lübbe, *Positivismus und Phänomenologie (Mach und Husserl)*, in H. Höfling (hrsg. von), *Beiträge zur Philosophie und Wissenschaft. Wilhelm Szilasi zum 70. Geburtstag*, Francke, Munich 1960, pp. 161-184; poi in H. Lübbe, *Bewusstsein in Geschichten. Studien zur Phänomenologie der Subjektivität: Mach, Husserl, Schapp, Wittgenstein*, Rombach, Freiburg 1972, pp. 33-62; trad. it. di G. Mancuso, *Positivismo e fenomenologia. Mach e Husserl*, in L. Guidetti, G. Mancuso, *La metafisica del positivismo*, «Discipline Filosofiche», XXIII, 1, 2013, pp. 9-37, in particolare p. 14.

²⁸⁹ LSP, p. 148.

²⁹⁰ *Ibid.*

²⁹¹ MSC, p. 471.

²⁹² MSC, p. 474.

²⁹³ *Ibid.*

La critica più radicale a queste affermazioni, che s'inseriscono nel quadro machiano dell'«economia della scienza», è stata mossa da Husserl nei suoi *Prolegomeni a una logica pura*. Husserl riconosce a Mach un posto privilegiato nell'ambito delle concezioni economico-biologiche avanzate dall'empiriocriticismo e, in particolare, sottolinea come – a differenza di Avenarius – la «natura economica della ricerca scientifica» non si svolga in lui in modo deduttivo a partire da un principio evolutivo di adattamento basato sul «minimo dispendio di energia»²⁹⁴, ma si ponga come una premessa storico-descrittiva volta a «portare chiarezza sui fondamenti antropologici dei diversi metodi di ricerca»²⁹⁵. Si tratta, nota Husserl, di un fine del tutto legittimo che, «considerando le proprietà della nostra costituzione psichica», mira a evidenziare l'origine dell'esperienza da cui traggono alimento le molteplici *metodologie* e *tecnologie* deduttive che caratterizzano il sapere logico e matematico²⁹⁶. In effetti, tale «funzionalità operativa del metodo», con tutti gli artifici tecnici di cui dispone, spiega in modo soddisfacente la «natura del pensiero simbolico-significativo», e ne legittima la comparsa nella misura in cui i processi normali del pensiero non hanno la forza e l'ampiezza dei processi meccanici e operazionali che sorgono dalle notazioni simboliche. Tali processi svolgono infatti, mediante i simboli logico-matematici, un'azione moltiplicativa e sostitutiva che «alleggerisce la ricerca» e risponde alle motivazioni e alle circostanze di fatto in cui si svolge la conoscenza, «riportando dalle faticose altezze dell'astrazione alle comode vie dell'intuizione, dove la fantasia può agire all'interno dei limiti posti dalle regole con uno *sforzo relativamente piccolo*: proprio come nei giochi che sono sottoposti a certe regole»²⁹⁷.

Ciò detto, il problema che ora si pone è il seguente: può una simile *teleologia* delle tecniche del pensiero render conto del *valore* delle forme e dei contenuti logici che si presentano nelle operazioni conoscitive? Husserl prende spunto dall'affermazione di Mach secondo cui nella realtà «accade solo ciò che può accadere nelle circostanze e con i mezzi a disposizione», per ribaltarla contro Mach stesso, allo scopo di evidenziare l'irrelevanza dell'economia del pensiero in rapporto alla logica e alla teoria della cono-

²⁹⁴ E. Husserl, *Logische Untersuchungen*, Erster Band, *Prolegomena zur reinen Logik*, Niemeyer, Halle 1900, 1913², *Husserliana* Bd. XVIII, hrsg. von E. Heidegger, Den Haag 1975, trad. it. di G. Piana, *Ricerche logiche*, vol. I, *Prolegomeni a una logica pura*, il Saggiatore, Milano 1968, pp. 202-203.

²⁹⁵ Cfr. *ivi*, p. 205.

²⁹⁶ Cfr. *ivi*, pp. 205-206.

²⁹⁷ *Ivi*, p. 207.

scienza²⁹⁸. Infatti, «una legge psicologica o gnoseologica che parli di uno *sforzo* per ottenere *il più possibile* è un nonsenso. Nella sfera dei puri fatti non vi è qualcosa che rappresenti “il più possibile”, e nella sfera delle leggi non vi è alcuno sforzo»; tutto ciò che possiamo dire a tal riguardo è che, dal punto di vista psicologico e antropologico, «accade in ogni caso qualcosa di determinato, esattamente *questo* e non più di questo»²⁹⁹. Confondendo la datità fattuale con l'idealità logica, l'economia del pensiero di Mach finirebbe per ricadere nelle stesse fallacie dello psicologismo e sarebbe pertanto soggetta alle difficoltà che riguardano ogni naturalizzazione delle leggi e delle configurazioni logiche che, nella conoscenza, rivendicano una validità obiettiva, conformemente «all'ideale di una razionalità radicale e onnicomprensiva»³⁰⁰. Si tratta di un vero e proprio *hysteron proteron*, cioè di uno scambio tra ciò che è antecedente e più fondamentale (le norme ideali delle leggi e dei nessi logici) e ciò che è invece conseguente e derivato (le funzioni che la conoscenza di tali nessi assolve nell'ambito dell'economia del pensiero)³⁰¹. È infatti evidente – nota Husserl – come nessuna normatività possa essere assegnata alle leggi logiche e alle formalizzazioni matematiche se il loro senso viene ricavato da un semplice agire accidentale, rivolto a scopi di utilità e di risparmio di forze che sono estranei ai *vincoli di necessità* e che, dunque, non sono in grado di stabilire alcuna differenza tra «l'attività scientifica e l'attività naturale e cieca» del pensiero comune³⁰².

D'altra parte, l'illusione generata da un tale *non sequitur*, essendo legata alla credenza di poter offrire una *fondazione* storico-empirica della conoscenza scientifica, è occultata dal fatto che il confronto tra il pensiero contingente e quello ideale, nella misura in cui si stabilisce una continuità tra i due, fornisce al primo «una certa apparente razionalità»³⁰³, come se esso fosse guidato dagli stessi principi e dalle stesse regole logiche, dando così l'impressione che la sua “validità” sia improntata secondo il medesimo rigore normativo. Se anche fosse vero che, per giungere a un contenuto che ha validità obiettiva, noi abbiamo sempre bisogno di un mezzo tecnico (un insieme di simboli, una compagine meccanica, ecc.) e che tale mezzo si sviluppa e si modifica nel corso del tempo, resterebbe comunque uno scarto tra lo strumento *di fatto* e il contenuto *logico* a cui tale strumento ci permette di giungere. Allo stesso modo, la validità di una legge fisica o meccanica

²⁹⁸ Cfr. ivi, p. 210.

²⁹⁹ Ivi, p. 211.

³⁰⁰ Ivi, p. 213.

³⁰¹ Cfr. ivi, p. 215.

³⁰² Ivi, p. 216.

³⁰³ Ivi, p. 215.

non dipende dal fatto che la possiamo esemplificare in innumerevoli casi particolari o che, ad esempio, siamo in grado di costruire macchine la cui connessione di parti ci ha permesso, col tempo, di comprendere il significato delle pure relazioni formali tra le grandezze. Husserl conclude così che «la validità ideale della norma è il presupposto di ogni discorso sull'economia del pensiero che abbia un senso, quindi essa non può essere il risultato delle spiegazioni offerte dalla teoria di quest'economia»³⁰⁴.

Nelle ultime pagine della *Meccanica*, Mach risponde alle obiezioni di Husserl mettendo in evidenza due aspetti, vale a dire: *i*) il tipo di relazione semantica che s'istituisce tra le formulazioni logico-matematiche e gli oggetti da esse descritti; *ii*) il significato e il valore conoscitivo dei contenuti che sono espressi da tali formulazioni. In primo luogo (*i*), se diciamo che una legge ha un contenuto obiettivo-ideale indipendente da qualsiasi ricognizione empirico-reale ("naturale"), allora bisogna assumere – come fa Petzoldt – che vi sia un rapporto semantico univoco tra i simboli utilizzati nelle formulazioni e le loro oggettualità ideali o "categoriali"³⁰⁵. In questa prospettiva, Husserl non si discosta dallo schema semantico tradizionale, secondo cui gli oggetti, con le loro forme e i loro particolari contenuti, sono la base da cui bisogna partire per dettare i modi di apprensione ad essi adeguati. Tale schema ha due varianti: la semantica continua aristotelica, in base alla quale i contenuti sensibili e noetici fanno da progressiva mediazione simbolica, a un duplice livello referenziale, tra l'espressione e gli oggetti, e la semantica discreta di origine stoica, nella quale non ha luogo una duplice mediazione simbolica, dal momento che espressione (segno) e contenuto (significato) fanno tutt'uno, ma si presenta comunque una direzione semantica *univoca*, poiché l'oggetto è sempre il *denotatum* o il riferimento dell'unità necessaria tra segno e significato³⁰⁶.

Ora, l'empirismo machiano respinge tale univocità semantica sostenendo che le sensazioni – e più in generale gli elementi dell'esperienza – «non sono "simboli delle cose", ma la "cosa" è, al contrario, un simbolo mentale per un complesso relativamente stabile di sensazioni»³⁰⁷. La relazione semantica tradizionale, che va dai segni agli oggetti, è così rovesciata, e la base oggettuale, sottratta a ogni predefinita funzione referenziale, viene sostituita

³⁰⁴ *Ibid.*

³⁰⁵ Cfr. MSC, p. 481; PDW, p. 440.

³⁰⁶ Cfr., a tal riguardo, J. Pinborg, *Logik und Semantik im Mittelalter. Ein Überblick*, Frommann-Holzboog, Stuttgart-Bad Cannstatt 1972, trad. it. di F. Cuniberto, *Logica e semantica nel medioevo*, Boringhieri, Torino 1984, pp. 35-36.

³⁰⁷ MSC, p. 471.

dalle “circostanze”, cioè dagli insiemi relazionali e dai rispettivi modi d'impiego, il cui significato oggettivo dev'essere valutato volta per volta.

Tutto ciò conduce al secondo argomento (*ii*), ossia alla questione del *valore* conoscitivo od “obiettivo” che dev'essere attribuito ai diversi utilizzi circostanziati dei simboli e delle formule che esprimono le leggi. A tal riguardo, Mach porta come esempio la legge di rifrazione $\alpha/\beta=n$, a cui Keplero si era avvicinato nei suoi studi di ottica: egli poteva disporre di tutti i mezzi per sviluppare, da tale relazione simbolica, la legge dell'omocentricità nel senso della diottrica di Gauss, cioè una proposizione generale e semplice che non considerasse ogni singolo raggio e ogni singola superficie rifrangente, ma che valesse per tutti i casi, in modo oggettivo e universale³⁰⁸. Tuttavia, né Keplero né altri dopo di lui giunsero a riconoscere, dalla formalizzazione matematica della legge di rifrazione, il suo contenuto obiettivo-ideale: è quindi falso che da un insieme di relazioni simbolico-matematiche, a partire da mezzi dati, si debba giungere in un solo modo a un unico risultato finale attestante la validità di tali relazioni. Al contrario, «il lavoro intellettuale può essere sperperato esattamente come, nella macchina a vapore, il calore può perdersi per svolgere il lavoro meccanico»³⁰⁹, sicché l'*obiettività logica* è solo un caso limite ideale che non deve condurci a scambiare l'economia della conoscenza con l'economia della natura, di cui non sappiamo né possiamo sapere nulla³¹⁰.

Mach concludeva la sua replica a Husserl sottolineando come il principio di economia, limitato agli scopi pragmatici della conoscenza, permettesse inoltre di distinguere il pensiero comune da quello scientifico senza ricorrere a una preliminare separazione tra il carattere “primitivo”, “ingenuo” e “illogico” del primo e la “purezza” delle forme logiche a cui il secondo dovrebbe tendere in senso ideale. Infatti il pensiero comune non è affatto “cieco”, come vuole Husserl³¹¹, ma rivela strutture logiche che possono essere considerate come più o meno adeguate secondo gli scopi conoscitivi che ci si propone in riferimento a determinate relazioni funzionali. In questo senso, persino l'economia del pensiero è un «principio logico molto chiaro» in cui si può riconoscere una validità ideale che «ha radici profonde nella vita dell'umanità e agisce attivamente su di essa»³¹².

³⁰⁸ Cfr. PDW, p. 442. Si veda anche PPO, pp. 56-60 e 111-116.

³⁰⁹ PDW, p. 442.

³¹⁰ Cfr. MSC, p. 482.

³¹¹ Cfr. E. Husserl, *Ricerche logiche*, vol. I, *Prolegomeni a una logica pura*, cit., p. 216; MSC, p. 483.

³¹² MSC, pp. 482-483.

Tali osservazioni, il cui valore veniva riconosciuto da Husserl stesso ammettendo che le sue critiche erano rivolte non tanto all'impostazione "economica" machiana, ma soprattutto alle concezioni biologico-naturalistiche sviluppate da Hans Cornelius e dalla "Scuola di Avenarius"³¹³, determinavano in ultima istanza una configurazione della meccanica dei moti e della materia – inclusi gli atomi in quanto parti primitive e indecomponibili – come conseguenza dell'adozione di *modelli fisico-matematici* per la più comoda riproduzione dei fatti³¹⁴. Tuttavia, ciò che può sembrare utile da un certo punto di vista, può risultare dannoso e fonte di pregiudizi da un altro, come quando si tenta di spiegare le sensazioni mediante il movimento degli atomi³¹⁵. Da ciò, Mach poteva ricavare non solo che tutti i fenomeni sono «di uguale profondità», ma che non esistono fenomeni puramente meccanici e, d'altra parte, «le ipotesi meccaniche non sempre costituiscono un effettivo risparmio di concetti scientifici», né introducono «un modo più libero di considerare i fenomeni»³¹⁶. Infatti, «voler dedurre le sensazioni dal movimento delle masse significa voler spiegare ciò che è più semplice e più vicino mediante ciò che è più complicato e più lontano, senza tener conto del fatto che i concetti meccanici sono solo *mezzi* per l'esposizione dei fatti meccanici, e non di quelli fisiologici o psicologici»³¹⁷. Ma prima di giungere a esaminare direttamente le sensazioni e le loro modalità costitutive, occorreva completare le indagini cinematiche e dinamiche del campo fisico nell'ambito in cui, a partire dalla metà dell'Ottocento, si erano concentrate le ricerche sullo sviluppo temporale e spaziale dei fenomeni meccanici, nonché delle forme intensive e qualitative in cui essi si presentano ai sensi. A tali indagini Mach dedica il volume sui *Principi della teoria del calore*.

³¹³ Cfr. E. Husserl, *Brief an Ernst Mach vom 18.VI.1901*, in J. Thiele, *Wissenschaftliche Kommunikation. Die Korrespondenz Ernst Machs*, Henn, Kastellaun 1978, p. 154. Sui rapporti tra Mach e Husserl riguardo al tema della "validità" e dell'"economia del pensiero", cfr. H. Lübke, *Positivismus e fenomenologia. Mach e Husserl*, cit., in particolare pp. 14-18; M. Sommer, *Husserl und der frühe Positivismus*, Klostermann, Frankfurt am Main 1985, pp. 50, 166, 176; Id., *Denkökonomie und Empfindungstheorie bei Mach und Husserl. Zum Verhältnis von Positivismus und Phänomenologie*, in Haller, Stadler (hrsg. von), *Ernst Mach – Werk und Wirkung*, cit., pp. 309-328, in particolare pp. 311-319; P. Bucci, *Husserl e Mach: epistemologia e analisi fenomenologica dei vissuti*, «Intersezioni», XXXV, 3, 2015, pp. 405-423, in particolare pp. 406-408.

³¹⁴ Cfr. MSC, p. 478.

³¹⁵ Cfr. MSC, p. 494.

³¹⁶ MSC, pp. 486-487.

³¹⁷ MSC, p. 495.

1.7. *Il calore e la direzione del tempo*

Già nello scritto sulla *Conservazione del lavoro* Mach aveva evidenziato come la tendenza a concepire il calore nella forma di un fluido avesse condotto a formulare analogie fuorvianti con le “sostanze materiali” che, in ragione della loro natura dinamica, potevano trasferire energia da un corpo a un altro. Tale trasferimento fisico non era infatti in grado di spiegare l'aumento e la diminuzione, così come la comparsa e la scomparsa della sostanza calorica in un processo termico che riguardava altri corpi sostanziali, affidando l'equilibrio che alla fine si determinava a una semplice ricognizione degli stati materiali nel corso del tempo, senz'alcuna possibilità di esprimere le relazioni funzionali dei processi mediante adeguate notazioni simboliche.

In particolare, Sadi Carnot, a cui si doveva la prima formulazione dell'equivalenza tra calore e lavoro, concepiva la produzione di energia, e quindi di lavoro, come passaggio della materia calorica da un corpo caldo a un corpo più freddo, nello stesso modo in cui l'acqua di una cascata che produce energia cadendo dall'alto al basso³¹⁸. Carnot si era dunque avvicinato alla formulazione del cosiddetto “principio zero” della termodinamica, secondo cui l'*equilibrio termico*, che rappresenta lo *stato* del sistema e il punto conclusivo della produzione di lavoro, viene raggiunto quando due corpi interagenti a temperature diverse finiscono per avere la stessa temperatura dopo un processo temporale unidirezionale. Tuttavia, Carnot legava la nozione di temperatura, anziché a una *funzione descrittiva di stato* indipendente dagli stati precedenti, a una proprietà *intrinseca* dei corpi stessi, non riuscendo così a spiegare perché tale proprietà venisse persa e acquistata da un altro corpo e, soprattutto, perché non fosse possibile invertire il processo e far acquisire di nuovo al corpo la proprietà di partenza.

In tal senso, Mach avvertiva l'esigenza di sottoporre a una critica radicale il *concetto di temperatura*, in primo luogo distinguendolo nettamente dalla sensazione di calore e, in secondo luogo, cercando di definire quale fosse la nota caratteristica che contrassegnava lo stato fisico del calore di un corpo o di un sistema di relazioni fra corpi. Per quanto riguarda il rapporto tra sensazione e calore, è chiaro che esso non dipende solo dallo stato termico del corpo, ma anche dalle condizioni dell'organo senziente, poiché «gli organi di senso non sono formati allo scopo di ottenere una conoscenza fisica,

³¹⁸ Cfr. S. Carnot, *Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres a développer cette puissance*, Bachelier, Paris 1824, ed. it. a cura di R. Fox, *La potenza del fuoco*, Bollati Boringhieri, Torino 1992, p. 16; PDW, p. 250.

ma per la conservazioni delle condizioni vitali più favorevoli»³¹⁹. Così, di due corpi in equilibrio termico a bassa o ad alta temperatura – ad esempio un pezzo di ferro e un pezzo di legno – l'uno sarà sempre avvertito come più freddo o più caldo dell'altro, e ciò dipende dalla velocità fisica di trasmissione del calore di un certo corpo rispetto alla condizione fisiologica del tatto³²⁰. Se dunque si vuole trovare un contrassegno esclusivamente fisico per lo stato del calore, esso dovrà essere cercato in un aspetto indipendente dalla sensazione, e già dai tempi di Erone e Galileo tale contrassegno era stato individuato nel *cambiamento di volume dei corpi*³²¹.

Tale indice volumetrico, nota Mach, è il primo *segno* della quantità di calore, e poiché è indipendente dalla sensazione, esso può attestare anche la presenza di uno stato termico che si sottrae del tutto alla sensazione, cioè che non è percepibile perché troppo alto o troppo basso, o è percepibile in modo non corrispondente all'effettivo stato fisico³²². È logicamente necessario, cioè vero *a priori*, che due corpi *sentiti* come della stessa temperatura rispetto a un terzo corpo siano anche avvertiti di temperatura uguale (in caso contrario, dovremmo ammettere che due sensazioni siano avvertite, al tempo stesso, come uguali e come diverse), ma non è logicamente necessario che due volumi *misurati* come uguali a un terzo volume siano anche misurati come uguali tra loro: si tratta infatti di una verifica empirica o *a posteriori*, poiché riguarda un'attività di misurazione progressiva, la cui conclusione non è analiticamente contenuta nei passaggi parziali³²³.

La prima osservazione che da ciò si può ricavare è che la *molteplicità semplice e costante della serie di sensazioni* non dev'essere confusa con la *molteplicità della serie dei volumi*, poiché le proprietà di un sistema di segni – ad esempio, di tipo sensibile – non possono permetterci di decidere univocamente riguardo alla natura di ciò che viene designato. Ma lo stesso vale anche per le serie dei volumi che, a loro volta, in quanto sistemi di segni ricavati da diverse sostanze (acqua, aria, mercurio, ecc.), possono essere poste in diverse relazioni con gli oggetti designati e fornire così criteri di misurazione della temperatura (ciò che, ordinariamente, si definisce come “termoscopio” o “termometro”) non univoci³²⁴. In ogni caso, è chiaro come le scelte dei volumi in quanto mezzi di misurazione e delle “sostanze” termoscopiche in quanto riferimenti siano *arbitrarie*, cioè dipendano da condizioni di

³¹⁹ PDW, p. 11.

³²⁰ Cfr. PDW, p. 58.

³²¹ Cfr. PDW, p. 11.

³²² Cfr. PDW, p. 58.

³²³ Cfr. PDW, p. 59.

³²⁴ Cfr. PDW, p. 61.

opportunità empirica ad essi connesse. Allo stesso modo, è arbitraria la scelta della scala di misurazione mediante numeri che fungono da segni di ordinamento, cioè da *nomi* per i caratteri termoscopici³²⁵. Pertanto, le serie dei volumi, che hanno una relazione *non univoca* con gli oggetti designati, vengono *coordinate*, cioè poste in una relazione *univoca*, con un ordinamento di segni numerici da cui si ricava la temperatura. Poiché quest'ultima, come segno numerico, dipende dal *principio di coordinazione* utilizzato con i volumi in quanto segni termoscopici di tipo fisico, secondo lo schema di relazione funzionale $t = f(v)$ si può concludere che le temperature sono *segni di segni*³²⁶.

Se non si tiene conto di questa matrice meta-simbolica della temperatura, possono generarsi equivoci fatali riguardo alla natura fisica dei corpi sottoposti a fenomeni di calore. Infatti, utilizzando diverse scale numeriche con le rispettive operazioni, che attestano la crescita o la diminuzione del volume, si possono avere diversi risultati che, tradotti nella descrizione di uno stato fisico, risultano essere contraddittori riguardo alle proprietà "ontologiche" di un corpo sottoposto ad aumento o a sottrazione di calore. Ad esempio, se il principio di coordinazione numerica impiegato è quello tradizionale di Galilei-Amontons, che prevede una crescita aritmetica della temperatura in proporzione all'espansione sommativa del volume, è evidente che la temperatura potrà crescere all'infinito in corrispondenza all'aumento illimitato del volume, ma non potrà scendere al di sotto della soglia in cui il volume è nullo (essendo impossibile la contrazione negativa di un corpo), la quale corrisponde allo zero assoluto o "zero Kelvin". Se invece si adotta la scala o il principio di coordinazione di Dalton³²⁷, che prevede una crescita e una diminuzione della temperatura per moltiplicazione o divisione esponenziale di un volume, «non dobbiamo pensare che debba esserci uno stato termico con espansione volumetrica uguale a zero e che, dunque, la serie degli stati termici abbia un effettivo limite inferiore»³²⁸.

Si noti però che, dal punto di vista fisico-ontologico, ciò non cambia nulla riguardo alla possibilità dell'*esistenza* di uno stato sostanziale nullo, poiché la coordinazione daltoniana dice solo che la misurazione procede, attraverso la divisione, con «passi successivi di grandezza infinitesimale o sempre più piccola»³²⁹. Tale distinzioni tra due diversi sistemi di coordina-

³²⁵ Cfr. PDW, p. 62.

³²⁶ Cfr. PDW, p. 74.

³²⁷ Cfr. J. Dalton, *A New System of Chemical Philosophy*, Part I, Russell, Manchester 1808, pp. 3 sgg.

³²⁸ PDW, p. 72.

³²⁹ *Ibid.*

zione – conclude Mach – ci fa quindi capire «quanto sia discutibile ritenere senz'altro le proprietà di un sistema di segni come le proprietà della cosa che in tal modo viene indicata»³³⁰. D'altra parte, la situazione che si verifica con la misurazione del calore si verifica anche con sistemi di coordinazione che mettano in relazione altri fenomeni psichici o fisici. Se, ad esempio, una sensazione di suono viene coordinata al *numero discreto* delle oscillazioni, ci troviamo in una condizione analoga alla scala di Galilei-Amontons per il calore, in cui esiste un limite inferiore (cioè nessun'oscillazione). Al contrario, se si rende la sensazione di suono, anziché attraverso una sequenza aritmetica, mediante la *scala logaritmica* delle oscillazioni – che peraltro meglio si addice al fenomeno percettivo del suono –, si riscontra lo stesso fenomeno di approssimazione infinitesimale al limite inferiore e superiore di Dalton e, in particolare, sembra scomparire il confine fisico inferiore. Ovviamente, nota Mach, la *sensazione* rimane sempre limitata in alto e in basso, poiché «quando col mio sistema di segni definisco un suono come infinitamente alto o come infinitamente basso, ciò non significa che esso *esista* effettivamente»³³¹.

Ora, questa tendenza a confondere le proprietà del concetto utilizzato con le proprietà dell'oggetto designato, che riproduce gli stessi equivoci che stanno a fondamento della prova ontologica dell'esistenza di Dio³³², può trovare una soluzione non solo distinguendo le diverse funzioni semantiche dei sistemi di segni, ma soprattutto ripetendo per i fenomeni del calore le stesse argomentazioni che Mach aveva sviluppato nei confronti dell'ontologizzazione del concetto di massa. Come la massa è il numero che un corpo riceve in relazione a un altro corpo, e dunque fa riferimento a un altro numero che esprime un'accelerazione reciproca e inversa, così il limite superiore o inferiore del calore di un corpo potrà essere effettivamente attestato solo quando «non si possa trovare un altro corpo che si comporti come più caldo o più freddo»³³³. In ogni caso, ogni determinazione e ogni “limite” dei fenomeni si serve di notazioni numeriche, le quali non sono altro che *nomi utili* a distinguere un oggetto o una parte di un oggetto da altre, in modo da mettere in una *relazione comparativa* una serie di fenomeni con una serie ordinata di simboli, conferendo così ai fenomeni quell'ordine che manca – o che è difficile riprodurre – nella loro immediatezza sensibile³³⁴.

³³⁰ *Ibid.*

³³¹ PDW, p. 75.

³³² Cfr. *ibid.*

³³³ *Ibid.*

³³⁴ Cfr. PDW, pp. 84-87, il capitolo su “Nomi e numeri”, in particolare p. 85.

Si noti inoltre come tale relazione comparativa debba presentarsi non solo nel rapporto tra oggetti e numeri, ma anche all'interno delle serie numeriche stesse quando queste sono sottoposte ad operazioni. Infatti, anche i numeri possono essere concepiti come *oggetti* distinti e indicati da altri numeri che assumono, nei confronti dei primi, la funzione di *segni nominali*. Ciò permette di risolvere l'antica e spesso fraintesa questione, risalente a Kant, se le verità della matematica siano *analitiche* oppure *sintetiche*. Ora, Kant ha proposto due criteri per riconoscere l'analiticità o la sinteticità di una proposizione: uno di tipo gnoseologico-psicologico, modellato sullo schema soggetto-predicato, per cui un giudizio è analitico quando il predicato è interamente contenuto nel soggetto³³⁵, e uno di tipo più strettamente logico, basato sulla "verità per definizione", secondo cui un giudizio è analitico se non può essere negato senza contraddizione, mentre è sintetico se vi è tale possibilità³³⁶. Mentre il primo criterio – nota Mach – è assolutamente inutile, in quanto una verità può apparire analitica in base a un determinato atteggiamento mentale che si svolge *nel tempo*, oppure sintetica in base a un altro che consideri un diverso momento temporale (ad esempio, *prima* e *dopo* il conteggio delle unità che hanno luogo in una somma)³³⁷, il secondo si avvicina invece all'impostazione di Leibniz-Bolzano, che evidenzia nelle verità *analitiche* una parte costante o invariabile, legata alla *definizione* (le "costanti logiche"), e una parte variabile, sostituibile da qualsiasi oggetto empirico o non empirico (argomento) a condizione che ciò non cambi il valore di verità dell'intera proposizione ("*salva veritate*"). Se invece la sostituzione di un argomento alla variabile cambia il valore di verità, si tratta allora di una proposizione *sintetica*³³⁸. Tuttavia, secondo Mach, anche questo modo "logico" di considerare l'analiticità – e, rispettivamente, la sinteticità – cade in difetto, poiché nessuna definizione, che riguardi le verità matematiche (ad esempio, $3+4=7$), può intendersi come una proposizione esplicativa del *significato* di un simbolo. Infatti, essa sarebbe tale se le parti costituenti il *definiens* – nel nostro caso "3" "+" e "4" – avessero un significato in sé, che non dipende da altre definizioni, come la ricorsività dell'operazione di

³³⁵ Cfr. I. Kant, *Kritik der reinen Vernunft* (1781-1787²), *Akademie-Ausgabe*, voll. III-IV (*Kant's Gesammelte Schriften*, Königlich Preußische Akademie der Wissenschaften, Berlin, 1904-1911), secondo l'impaginazione originale della prima (A) o della seconda (B) edizione, trad. it. di C. Esposito, *Critica della ragione pura*, Bompiani, Milano 2004, B 10-11, p. 82.

³³⁶ Cfr. *ivi*, B 12, p. 84 e B 14, p. 88.

³³⁷ Cfr., a tal riguardo, A. Pap, *Introduzione alla filosofia della scienza*, cit., pp. 117-118.

³³⁸ Cfr., ad esempio, B. Bolzano, *Wissenschaftslehre. Versuch einer ausführlichen und größtentheils neuen Darstellung der Logik mit steter Rücksicht auf deren bisherige Bearbeiter*, in der J.E. v. Seidelschen Buchhandlung, Sulzbach 1837, Bd. II, § 148.

somma o il fatto che il numero 3 sia l'immediato successore di 2, poiché se tale dipendenza si verificasse, la proposizione dovrebbe a sua volta necessariamente ricorrere all'assunzione di *simboli primitivi o indefiniti* (come "zero" ed "essere successore di"), i quali, essendo senza significato, non possono certo conferirne uno ai simboli derivati.

Ciò che manca tanto nella concezione kantiana – anche emendata dall'aspetto mentalistico – quanto nella concezione leibniziano-bolzaniana, è il *metodo dell'applicazione*, vale a dire l'esplicitazione dell'*uso* di un segno o di un sistema di segni (nella fattispecie, di un criterio di ordinamento numerico) come schema di corrispondenza rispetto a un altro sistema, in cui possono ricorrere gli oggetti empirici o persino i numeri stessi come oggetti³³⁹. Così, il *significato* del numero 7, che compare nella suddetta funzione di somma, si ottiene facendo corrispondere – ovvero *applicando in parallelo* – la serie dei numeri naturali fino al 7, intesi come sue "parti costitutive" (1 2 3 4 5 6 7), alla serie dei *segni d'ordine* dei numeri 4 e 3, risultante dalla sequenza (1 2 3 4 1 2 3) che rappresenta la loro somma, in modo tale da ottenere le seguenti righe disposte a matrice:

$$\begin{array}{cccccc} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 1 & 2 & 3 \end{array}$$

Se, una volta che la corrispondenza sia stata compiuta, si legge il rapporto tra le due serie *dall'alto verso il basso*, la verità aritmetica $3+4=7$ si presenta come analitica; se invece si procede *dal basso verso l'alto*, si tratta di una verità sintetica. Ma ciò che più conta – nota Mach – è che tutte le proposizioni della matematica appaiono in tal modo come *proposizioni d'esperienza*, il cui scopo è rimpiazzare i calcoli e le combinazioni degli oggetti, spesso inesauribili, con operazioni numeriche già eseguite, o eseguibili con notevole risparmio mediante le combinazioni controllabili dei segni³⁴⁰.

La questione del numero come segno della temperatura, in quanto funzione di stato di un sistema in cui si manifestano processi di calore, è strettamente legata al problema, più generale, dei *processi* fisici e, quindi, del tipo di passaggio da uno stato a un altro. Infatti, un processo si verifica dove è riscontrabile una differenza tra due stati, ma tale differenza non è sufficiente per la realizzazione del processo. Se ad ogni stato così inteso si fa corrispondere un numero, avremo solo una serie di eventi giustapposti da cui non sorge alcuna successione, poiché il *passaggio* da uno stato all'altro non può a sua volta essere rappresentato da un numero come indice deno-

³³⁹ Cfr. MSC, p. 474; PDW, p. 86.

³⁴⁰ Cfr. PDW, p. 87.

tativo discreto³⁴¹. Sorge così il problema del rapporto tra segni che designano entità discrete e la natura *continua* dei processi naturali, che non coinvolge solo i fenomeni fisici, ma anche quelli psichici, come la visione della continuità dei colori nello spettro di Fraunhofer o la percezione unitaria di un decorso di suono³⁴². Da qui, la definizione che di solito viene data del “continuo”: si tratta di «un sistema di membri che possiedono una proprietà *A* tale che, tra ogni due membri, i quali presentano una differenza *finita* di *A*, compare un numero *infinito* di membri, la cui successione reciproca mostra differenze *infinitamente piccole* in riferimento ad *A*»³⁴³.

In primo luogo, nota Mach, questa definizione è equivoca, poiché nell'esperienza del continuo non si presentano né semplici differenze finite, né un numero infinito di parti – siano esse in estensione per enumerazione, oppure in intensione per divisione. Ciò che in realtà possiamo constatare è che, con *l'allontanamento* delle parti, la differenziabilità *cresce* (così come, in uno spettro cromatico, quando la distanza tra le parti segnate da righe a cui corrispondono numeri viene ingrandita si distinguono più sfumature), mentre col loro *avvicinamento* essa diminuisce fino a diventare impossibile. Non è solo un errore, quindi, far corrispondere alla natura e alla forma dei segni numerici la natura degli oggetti, ma anche intendere la differenziabilità del continuo a partire dalla divisione del discreto come una quantità data. Il continuo non è né una finzione simbolica, né la vera realtà che si cela dietro la forma “puntuale” e “determinata” dei numeri. In questa prospettiva, bisogna rifiutare sia i paradossi di Zenone, che si fondano sulla proiezione nella realtà di un numero infinito di punti, sia la risposta aristotelica, che intende invece il movimento e la molteplicità (soprattutto nelle forme viventi) come totalmente estranei alla possibilità di una riduzione numerica e quantitativa³⁴⁴.

L'intera questione si fonda infatti su un fraintendimento del rapporto tra continuo e discreto, i quali vengono concepiti attraverso una disgiunzione esclusiva, senza accorgersi che l'infinito o il finito, da essi ricavati, non si danno semplicemente nell'esperienza, ma si formano attraverso *operazioni* che costituiscono forme di dipendenza di un aspetto dall'altro. Così, le difficoltà che da sempre hanno afflitto il calcolo infinitesimale consistono nel fatto che «la notazione differenziale viene ritenuta “giusta” quando esprime in modo *reale* una grandezza infinitamente piccola, che però *nella realtà* non si può mai raggiungere; in tal modo, si pensa che la somma rica-

³⁴¹ Cfr. PDW, p. 94.

³⁴² PDW, p. 91.

³⁴³ *Ibid.*

³⁴⁴ Cfr. PDW, p. 94.

vata da tali elementi *non* infinitamente piccoli dovrebbe portare a un risultato solo *approssimativamente* corretto»³⁴⁵. I numeri che s'impiegano nel calcolo infinitesimale per mettere in relazione una grandezza con un'altra consistono nello stabilire *come reagisce una funzione* quando un suo elemento viene sottoposto a variazione, cioè a una differenziazione attraverso l'incremento o la diminuzione. Non è dunque importante *quanti* membri (finiti o infiniti) si trovino nella serie, ma quale *effetto* abbia la differenziazione di un termine sull'altro. Perciò, i contrassegni di una funzione, con cui esprimiamo un fenomeno continuo, non sono i numeri o le formule matematiche in sé, ma le *reazioni*, che si comportano come «la comparsa della colorazione blu-verde quando il rame viene sciolto nell'acido solforico»³⁴⁶. Il fatto di scegliere un incremento “molto piccolo” ha solo lo scopo di *simplificare* e di dominare meglio queste reazioni, poiché, «quando esso è sufficientemente piccolo, i membri successivi retrocedono rispetto al primo»³⁴⁷. Conoscere una funzione in cui risolvere un fenomeno non significa dunque creare un'immagine della realtà definita una volta per tutte, ma disporre di una *procedura* che permetta di porre in relazione quel fenomeno con altri e, attraverso la variazione, di fare emergere diverse *serie di reazioni*, cioè alcuni aspetti in rapporto a certi fenomeni, e altri aspetti in riferimento ad altri.

Il problema del continuo viene così sottratto da Mach alla tradizionale configurazione della realtà come una totalità materiale “fluida” in incessante movimento, nella quale le separazioni, che tracciano i confini dei corpi, individuano entità discrete e denumerabili. Nella concezione di Leibniz – che pure per primo aveva introdotto la corretta notazione differenziale del continuo³⁴⁸ – il mondo materiale e sensibile appare come un insieme divisibile all'infinito, il cui limite, allo scopo d'impedire il passaggio dall'essere al non-essere, è fissato dall'immaterialità delle monadi, che si comportano come veri atomi spirituali e indivisibili, essenze ultime dell'universo e garanti della continuità dell'essere. A quest'immagine, che fonda il continuo sull'*immateriale*, Mach obietta che anche un ente “immateriale” può apparire discontinuo, nella misura in cui si distinguono in esso delle parti o dei momenti che determinano la successione degli stati di un “sistema spirituale”. La questione, dunque, non si risolve assegnando alla materia la divisibilità e la discretezza mentre al pensiero e all'aspetto spirituale vengono attribuite, *per essenza*, l'indivisibilità e la continuità, ma chiarendo il ruolo che,

³⁴⁵ PDW, p. 95.

³⁴⁶ *Ibid.*

³⁴⁷ *Ibid.*

³⁴⁸ Cfr. G.W. Leibniz, *Nova Methodus pro Maximis et Minimis* (1684), in Id., *Mathematische Schriften*, hrsg. von C.I. Gerhardt, Schmidt, Halle 1858, Bd. V, pp. 220-226.

in tal caso, giocano gli elementi e le rispettive modalità di espressione simbolica.

Ora, in un sistema sensibile, come quello che emerge dalla nostra immediata esperienza della realtà, il mondo si presenta senza dubbio come un insieme di qualità fluide che non possiamo demarcare con sicurezza: è a questo scopo che introduciamo le *unità di misura*, cioè dei mezzi artificiali che hanno tra loro relazioni definite e svolgono una *funzione di rappresentanza* delle relazioni tra i contenuti sensibili³⁴⁹. Non ha dunque senso chiedersi se le relazioni tra questi mezzi siano più o meno vere delle relazioni tra tali contenuti, poiché il loro scopo non è sostituire un'immagine della realtà a un'altra, ma rendere possibile quella sicura individuazione oggettuale che ai sensi è preclusa. Il numero è la funzione di rappresentanza della misura, così come la misura svolge a sua volta tale funzione rispetto alla percezione sensibile³⁵⁰. Quando la divisione di un'unità si è realizzata e si osserva che le parti ottenute hanno le stesse proprietà dell'unità originaria, è inutile proseguire la divisione all'infinito, poiché è sufficiente sapere che tale divisione può essere continuata a piacere. Pertanto, ciò che appare come "continuo" può senza dubbio consistere di parti discrete, a condizione però che esse siano sufficientemente piccole e numerose da far pensare che, *applicando una diversa misura*, ne possano esistere di ancor più piccole e numerose. Se tutto ciò viene riportato alla percezione, l'esistenza del continuo significa allora che, «rispetto alle più piccole parti percepibili di un sistema, possiamo svolgere le stesse osservazioni e riscontrare un comportamento analogo a quello delle parti più grandi»³⁵¹. Fino a che punto questa relazione comparativa debba estendersi *continuando* la divisione e l'integrazione, può essere deciso solo dalle esigenze poste dall'esperienza e dai nostri bisogni di conoscenza.

In tale prospettiva, Mach affidava alla logica del continuo, formulata in modo da evitare il ricorso a sostanze ed elementi ultimi della materia – siano essi di tipo "fluidico" o "discreto" – il compito di risolvere anche le contraddizioni più recenti dell'indagine fisica, in particolare riguardo ai rapporti tra la meccanica newtoniana delle masse e delle forze e le ultime scoperte in merito ai principi *termodinamici* che, grazie a Rudolf Clausius e Ludwig Boltzmann, intendevano offrire una formalizzazione unitaria dei processi fisici, in grado di connettere diverse grandezze come l'energia, il calore e il lavoro.

³⁴⁹ Cfr. PDW, p. 96. Cfr., a tal riguardo, H. Henning, *Ernst Mach als Philosoph, Physiker und Psycholog*, Barth, Leipzig 1915, pp. 36-37.

³⁵⁰ Cfr. PDW, p. 96.

³⁵¹ PDW, p. 97.

L'equivalenza stabilita da Carnot tra calore e lavoro, successivamente compendiata da Mayer, Helmholtz, Joule e Clausius nel "Primo principio" della termodinamica³⁵², aveva infatti portato a supporre che, da un punto di vista *meccanico*, anche i processi che legavano le due grandezze, e che determinavano la loro reciproca trasformazione, fossero reversibili, in modo conforme alla convertibilità delle equazioni che esprimevano i loro stati. Tuttavia, lo stesso Carnot aveva rilevato come nei *processi dinamici effettivi*, in cui si verificava il passaggio di calore da un corpo a un altro, venisse perduto o "distrutto" del lavoro, e quindi dell'equivalente in calore, rendendo impossibile ristabilire la stessa quantità di calore iniziale³⁵³. Intorno alla metà del secolo, Rudolf Clausius si poneva così il compito di formalizzare tale squilibrio nel cd. "Secondo principio", rilevando come solo nel passaggio da un corpo caldo a un corpo freddo si *produca* lavoro, mentre se si vuole convertire il processo è necessario *consumare* lavoro nella stessa quantità estraendolo da uno stato *esterno* al sistema, dato che il calore trasportato e quello convertito in lavoro nel corso del trasferimento non si equivalgono in un processo interno o "chiuso" che sia *parte* di un processo più ampio in cui intervengono forze e stati esterni al primo³⁵⁴. In altri termini, il trasferimento di calore che produce lavoro avviene "naturalmente" *in una sola direzione*, mentre per ottenere un risultato equivalente nella direzione contraria occorre introdurre *ulteriori alterazioni* nel mondo circostante. Pertanto, se dal punto di vista meccanico vi è una perfetta equivalenza e convertibilità tra calore e lavoro, dal punto di vista termodinamico per realizzare tale conversione occorre che il passaggio totale, che include la trasformazione effettiva di calore in energia, sia vincolato *a un solo lato* dell'equazione che regola il processo, in modo tale che l'intera formula matematica si trasformi in una *disequazione* come segno della sua irreversibilità³⁵⁵.

A tal riguardo, Clausius osservava come la formula che esprime l'*equilibrio* meccanico del "Primo principio" non venga meno nei processi di tra-

³⁵² Cfr. J.R. Mayer, *Ueber die quantitative und qualitative Bestimmung der Kräfte* (1841), in J.J. Weyrauch, *Kleinere Schriften und Briefe von Robert Mayer*, Cotta, Stuttgart 1893, pp. 100-107; H. von Helmholtz, *Über die Erhaltung der Kraft, eine physikalische Abhandlung*, Reimer, Berlin 1847, ed. it. a cura di V. Cappelletti, *Sulla conservazione della forza*, in Id., *Opere*, UTET, Torino 1996, pp. 49-116, in particolare pp. 58 sgg.; J.P. Joule, *On Matter, Living Force, and Heat* (1847), in *The Scientific Papers of James Prescott Joule*, Taylor and Francis, London 1884, pp. 265-276; R. Clausius, *Ueber die bewegende Kraft der Wärme und die Gesetze, welche sich daraus für die Wärmelehre selbst ableiten lassen*, «Annalen der Physik», 155, 3, 1850, pp. 368-397.

³⁵³ Cfr. S. Carnot, *La potenza del fuoco*, cit., p. 14.

³⁵⁴ Cfr. R. Clausius, *Ueber die bewegende Kraft der Wärme*, cit., pp. 370 sgg.

³⁵⁵ Cfr. *ibid.*

sformazione termodinamica che andavano a costituire il “Secondo principio”, ma esprima quel caso-limite, di tipo ideale, in cui la trasformazione è effettivamente *reversibile*, ossia un fenomeno che, *di fatto*, non si verifica mai in natura. Ciò detto, le *equazioni* meccaniche segnano uno scarto con la realtà, dato che dal loro raffronto con i fatti dinamici si ricava che esse sono effettivamente descrittive solo nel caso di una compensazione perfetta tra calore e lavoro³⁵⁶. Al contrario, se i valori che le trasformano in disequazioni danno un risultato negativo o minore di zero, si tratta di *processi impossibili* (come il passaggio “naturale” del calore da un corpo più freddo a uno più caldo, ottenendo col lavoro prodotto nel processo inverso una maggiore quantità del calore iniziale), se invece il risultato è positivo o maggiore di zero si tratta, appunto, di *processi irreversibili*³⁵⁷.

A fronte della termodinamica “fenomenologica” di Clausius, che finiva per insinuare l’idea di una divergenza incolmabile tra le leggi meccaniche e i fatti inerenti le trasformazioni del calore³⁵⁸, Boltzmann aveva reagito modificando gli *oggetti* stessi dell’indagine fisica, che non venivano più identificati con gli stati macroscopici della materia sottoposti alle immagini sfocate delle percezioni sensibili, ma erano ricavati dalle sue condizioni microscopiche a partire dalle basi più elementari. In uno scritto del 1865 sulle diverse forme che possono assumere le principali equazioni della teoria meccanica del calore, Clausius aveva dato il nome di *entropia* alla funzione di stato che regola le trasformazioni termodinamiche, nella misura in cui tali trasformazioni assumevano valori positivi, negativi o nulli, denotanti rispetti-

³⁵⁶ Cfr. l’osservazione di Mach secondo cui «Chi ha bisogno del sostegno del meccanicismo per capire il principio dell’equivalenza di lavoro e di calore, comprende solo a metà quale progresso abbia rappresentato la scoperta [di tale equivalenza]» (MSC, p. 488).

³⁵⁷ Cfr. R. Clausius, *Ueber eine veränderte Form des zweiten Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie*, «Annalen der Physik», 169, 12, 1854, pp. 481-506, in particolare pp. 499 sgg.

³⁵⁸ Cfr. anche, a tal riguardo, il “paradosso della reversibilità” evidenziato da J.J. Loschmidt, *Über den Zustand des Wärmegleichgewichtes eines Systems von Körpern mit Rücksicht auf die Schwerkraft*, I, «Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften – mathematisch-naturwissenschaftliche Classe», 73, 1876, pp. 135-139, in particolare p. 139 e da E.P. Culverwell, *Dr. Watson’s Proof of Boltzmann’s Theorem on Permanence of Distributions*, «Nature», 50, 1894, p. 617, secondo cui, se una traiettoria che porta il sistema da uno stato qualunque di non equilibrio allo stato di equilibrio è meccanica, lo è anche la traiettoria ottenuta mediante un’inversione temporale, cioè ogni stato di tal genere può essere invertito mantenendo le proprie caratteristiche meccaniche. Pertanto, a una traiettoria termodinamica dovrebbe sempre corrisponderne una anti-termodinamica (Cfr. M. Badino, *Ludwig Boltzmann e l’alba della probabilità in fisica*, in L. Boltzmann, *Fisica e probabilità*, Edizioni Melquiades, Milano 2011, pp. 11-85, in particolare p. 75).

vamente la crescita, al decrescita o l'invarianza della grandezza entropica³⁵⁹. Le indagini di Clausius e gli strumenti matematici che egli impiegava, basati sull'idea che gli oggetti fisici da essi espressi fossero conformi a un principio di *simmetria* o convertibilità delle funzioni, non spiegavano però perché nei fenomeni naturali si realizzasse sempre il valore *positivo* dell'entropia e, soprattutto, non era chiara la ragione per cui tale valore crescesse costantemente nel corso del tempo, fino a tendere a un massimo che corrispondeva allo svolgimento e alla conclusione di un processo irreversibile, il quale coincideva di fatto con lo "stato finale" del cosmo.

Così, accogliendo l'osservazione di Maxwell secondo cui, se i corpi macroscopici erano trattati come un *plenum* uniforme, si rinunciava a trovare una spiegazione matematica delle loro proprietà termiche, Boltzmann fissava la sua attenzione sull'ipotesi atomistica e molecolare – peraltro già ammessa da Clausius in riferimento alla formulazione della teoria cinetica dei gas³⁶⁰ – sviluppandola secondo i canoni dell'*analisi combinatoria* e del *calcolo delle probabilità*, che permettevano di ridurre i problemi della teoria meccanica del calore a problemi riguardanti le distribuzioni e le frequenze di comparsa di un certo numero di particelle elementari nel corso delle trasformazioni dinamiche³⁶¹. In tal modo, il fenomeno dell'irreversibilità cessava di essere dominio delle equazioni deterministiche che reggevano la fisica classica, dal momento che anche gli eventi fisici, se volevano essere dominati matematicamente senza indulgere a spiegazioni metafisiche, dovevano sottostare a metodi d'indagine apertamente probabilistici che già erano stati impiegati per risolvere questioni inferenziali irriducibili ai tradizionali metodi dell'induzione e della deduzione, i quali si basavano invece su leggi causali e su preventive assunzioni ontologiche riguardanti le nozioni di "individuo", "genere" e "specie". In tal senso, Boltzmann respingeva ogni interpretazione della funzione di stato entropica come segno di una *tendenza* intrinseca dell'universo alla "dissipazione" e al "disordine", sottolineando invece come la *crescita logaritmica* del valore di tale funzione fosse dovu-

³⁵⁹ Cfr. R. Clausius, *Ueber verschiedene für die Anwendung bequeme Formen der Hauptgleichungen der mechanischen Wärmetheorie*, «Annalen der Physik», 201, 7, 1865, pp. 353-400, in particolare pp. 356-357 e 390.

³⁶⁰ Cfr. R. Clausius, *Ueber die Art der Bewegung, welche wir Wärme nennen*, «Annalen der Physik», 176, 3, 1857, pp. 353-380.

³⁶¹ Cfr. L. Boltzmann, *Weitere Studien über das Wärmegleichgewicht unter Gasmolekülen*, «Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften – mathematisch-naturwissenschaftliche Classe», 66, 1872, pp. 275-370; nachgedruckt in Id., *Wissenschaftliche Abhandlungen*, Bd. 1, Barth, Leipzig 1909, pp. 316-402, trad. it. di M. Badino, *Ulteriori studi sull'equilibrio termico tra le molecole di un gas*, in L. Boltzmann, *Fisica e probabilità*, cit., pp. 103-198.

ta solo al criterio statistico secondo cui la comparsa nell'universo di stati di aggregazione più caldi e "ordinati", cioè a bassa entropia, è *meno probabile* della comparsa di stati di aggregazione più freddi. Di conseguenza, lo sviluppo "unilaterale" della funzione di stato corrispondeva semplicemente al passaggio da stati di minore probabilità a stati in cui invece la probabilità è maggiore, poiché in essi le condizioni fisiche del calore sono uniformemente distribuite³⁶².

Nel corso delle sue indagini, Boltzmann correggeva progressivamente le iniziali determinazioni della termodinamica "probabilistica", rivolgendo la sua attenzione dalla statistica delle particelle *individuali*, costituenti la singola configurazione di un corpo, a *sistemi* di particelle, ognuno dei quali era dotato di specifiche distribuzioni, ma coincideva con gli altri che costituivano il *complesso* corporeo (inteso come un sistema di sistemi) per le proprietà fenomeniche osservabili, come temperatura, volume, ecc. In tal modo, a uno stesso stato *macroscopico*, in quanto unione di più sistemi, corrispondevano numerosi stati *microscopici* che si univano funzionalmente in modo da formare lo "stato" corporeo, il quale risulta tanto più probabile quanto maggiore è il numero dei corrispondenti stati microscopici³⁶³. Se, da un lato, questo progressivo affinamento della corrispondenza probabilistica cercava di rispondere alle esigenze fatte valere dalla termodinamica fenomenologica di Clausius, in vista di una conciliazione tra i principi meccanici della distribuzione e l'esperienza della configurazione corporea nelle sue proprietà fenotipiche, dall'altro era evidente che le basi probabilistiche rendevano in linea teorica possibili valori entropici che, da un punto di vista fenomenico, erano ritenuti impossibili o, al massimo, individuabili come casi-limite dei processi. Nella fattispecie, tali valori inducevano a considerare la perfetta reversibilità come un processo altamente improbabile ma, secondo le leggi combinatorie, comunque raggiungibile in un lasso temporale «molto lungo»³⁶⁴.

³⁶² Cfr. L. Boltzmann, *Ulteriori studi sull'equilibrio termico tra le molecole di un gas*, cit., pp. 122 sgg.

³⁶³ Cfr. L. Boltzmann, *Über die Beziehung zwischen dem zweiten Hauptsatze der mechanischen Wärmetheorie und der Wahrscheinlichkeitsrechnung respective der Sätzen über das Wärmegleichgewicht*, «Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften – mathematisch-naturwissenschaftliche Classe», 76, 1877, pp. 373-435, nachgedruckt in Id., *Wissenschaftliche Abhandlungen*, Bd. 2, Barth, Leipzig 1909, pp. 164-223, trad. it. di M. Badino, *Sul rapporto fra il secondo principio della teoria meccanica del calore e il calcolo delle probabilità relativamente alle leggi sull'equilibrio termico*, in L. Boltzmann, *Fisica e probabilità*, cit., pp. 199-262, in particolare pp. 200 sgg.

³⁶⁴ Cfr. L. Boltzmann, *Sul rapporto fra il secondo principio della teoria meccanica del calore*, cit., pp. 256 sgg.; Id., *Über statistische Mechanik* (1904), in *Populäre Schriften*, Barth, Leip-

Le argomentazioni di Boltzmann avevano inoltre un importante effetto di ritorno sui rapporti tra i fenomeni del calore e la dinamica delle forze e dei movimenti in cui si condensava la meccanica classica. È vero che la meccanica statistica permetteva di ricondurre a *unità* tutti i più significativi fenomeni fisici e, in particolare, di trovare un criterio comune che legasse il “Primo principio” della termodinamica, relativo all’equilibrio e alla conservazione, e il “Secondo principio”, in cui invece si presentava uno squilibrio; tuttavia, il prezzo da scontare sembrava quello d’introdurre una nuova *discontinuità* tra i vari livelli delle “complezioni”³⁶⁵ che costituivano gli “oggetti” fisici, cioè tra le parti e il tutto. Bisognava infatti ammettere che, se le cose stavano come pensava Boltzmann, le particelle costitutive possono avere proprietà meccaniche molto differenti dal corpo a cui esse appartengono, contravvenendo in tal modo al *principio di continuità* con cui, a partire dal calcolo infinitesimale applicato all’universo fisico, si tendeva a legare l’uniformità e l’omogeneità del complesso corporeo con l’uniformità infinitesima delle sue particelle. In altri termini, per Boltzmann non si trattava più d’intendere il corpo come composizione differenziale di proprietà degli elementi, ma solo come compensazione o media delle loro effettive *differmità*. Infatti, un ente che si presentava come omogeneo alla percezione e corrispondente a un certo “stato” macroscopico era inteso come il risultato dell’interazione tra parti microscopiche di cui nulla si sapeva, se non che esse dovessero muoversi, aggregarsi o disgregarsi secondo il *modello* combinatorio, puramente ipotetico, dell’“insieme di biglie” contenute in un’urna a sua volta in movimento³⁶⁶, il cui unico riscontro empirico era la forma di espansione o contrazione stocastica, cioè per mescolamento casuale, degli atomi e delle molecole di un gas³⁶⁷. Così, se si fosse accolta la concettualizzazione matematica dei “sistemi” e delle “complezioni” di Boltzmann, i

zig 1905, pp. 345-363, trad. it. di A. Cercignani, *Sulla meccanica statistica*, in Id., *Modelli matematici, fisica e filosofia. Scritti divulgativi*, a cura di C. Cercignani, Bollati Boringhieri, Torino 2020, pp. 195-210, in particolare d. 210.

³⁶⁵ Cfr. L. Boltzmann, *Sul rapporto fra il secondo principio della teoria meccanica del calore*, cit., p. 203.

³⁶⁶ Cfr. L. Boltzmann, *Der zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie* (1886), in *Populäre Schriften*, cit., pp. 25-50, trad. it. di A. Cercignani, *Il secondo principio della teoria meccanica del calore*, in Id., *Modelli matematici, fisica e filosofia*, cit., pp. 28-50, in particolare p. 37.

³⁶⁷ Sulle difficoltà relative alle spiegazioni dei comportamenti degli oggetti macroscopici nei termini delle loro “parti elementari”, cfr. E. Nagel, *The Structure of Science. Problems in the Logic of Scientific Explanation*, Harcourt, Brace & World, New York 1961, trad. it. di C. Sborgi e A. Monti, *La struttura della scienza. Problemi di logica della spiegazione scientifica*, Feltrinelli, Milano 1978, pp. 322-325.

modelli suggeriti dai principi conoscitivi della meccanica di Hertz avrebbero finito per irrigidirsi in una sottaciuta configurazione *ontologica* dei fenomeni³⁶⁸, in nome di un realismo scientifico, poggiante sulle basi solide delle “parti ultime” del mondo, a cui più recenti teorie fisiche non volevano rinunciare, ma che minacciava di compromettere la capacità automorfica e “produttiva” delle immagini contenute nelle teorie a vantaggio di un rinnovato isomorfismo, fondato invece sulla corrispondenza tra le proprietà fondamentali della materia e i risultati probabilistici.

All'affermazione di Boltzmann, secondo cui la conoscenza scientifica, e le equazioni di cui essa si avvale, impiegano immagini mentali che vanno necessariamente al di là dell'esperienza dei fenomeni, Mach replicava ricostruendo il percorso con cui Clausius era giunto alla formulazione dell'irreversibilità contenuta nel “Secondo principio”, allo scopo di dare all'entropia il giusto rilievo che le spettava in relazione ai processi trasformativi dell'energia³⁶⁹. Come Mach aveva già evidenziato nello scritto sulla *Conservazione del lavoro*, la questione decisiva non riguardava però la nozione di energia, che pareva legata alla mitologia della materia e delle forze, ma quella di *lavoro*, ottenuta secondo diversi tipi di processi di trasferimento del calore³⁷⁰. In questo senso, le indagini termodinamiche di Mach, pur concordando su diversi aspetti, come la critica ai concetti di massa e di materia³⁷¹, si distinguevano dall'*energetica generale* sostenuta da Rankine, Helm e Ostwald³⁷², in quanto non coglievano nell'energia un “principio attivo” dei fenomeni, né erano semplicemente disposte ad accordare alla termodinami-

³⁶⁸ Cfr., ad esempio, le osservazioni di Boltzmann sulla meccanica di Hertz nello scritto *Über die Grundprinzipien und Grundgleichungen der Mechanik* (1899), in *Populäre Schriften*, cit., pp. 253-307, trad. it. di A. Cercignani, *Sui principi e le equazioni fondamentali della meccanica*, in Id., *Modelli matematici, fisica e filosofia*, cit., pp. 129-160, in particolare pp. 140-143.

³⁶⁹ Sul contrasto tra Mach e Boltzmann riguardo al “Secondo principio”, cfr. J.T. Blackmore (ed. by), *Ludwig Boltzmann. His Later Life And Philosophy, 1900-1906*, Book One: *A Documentary History*, Springer, Dordrecht 1995, pp. 127-133; S.G. Brush, *The Kind of Motion We Call Heat*, North-Holland, Amsterdam 1976, vol. I, p. 245.

³⁷⁰ Cfr., a tal riguardo, J.T. Blackmore, *Mach über Atome und Relativität – neueste Forschungsergebnisse*, in R. Haller, F. Stadler (hrsg. von), *Ernst Mach – Werk und Wirkung*, cit., pp. 463-483, in particolare p. 465.

³⁷¹ Cfr. MSC, p. 492; PDW, p. 376.

³⁷² Cfr. J.M. Rankine, *Outlines of the Science of Energetics*, «The Edinburgh New Philosophical Journal, July-October 1855, Vol. II, pp. 120-141; G. Helm, *Die Energetik nach ihrer geschichtlichen Entwicklung*, Veit, Leipzig 1898; W. Ostwald, *Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus*, Veit, Leipzig 1895.

ca, in cui tale principio si esprimeva, un primato rispetto alla meccanica, in grado di svelare la “fatale irreversibilità” dei processi naturali³⁷³.

Ora – come aveva osservato Clausius – nei passaggi di calore esistono delle trasformazioni *positive* che avvengono da sé, senza che vi sia bisogno di una trasformazione compensativa che richieda il dispendio di ulteriore lavoro o utilizzi residui di energia: è questo il caso della trasformazione del calore da un corpo caldo a un corpo freddo o della produzione di calore dal lavoro. Viceversa, esistono trasformazioni *negative* che richiedono un tale dispendio aggiuntivo, come il passaggio da un corpo più freddo a uno più caldo o la conversione del calore in lavoro³⁷⁴. Mentre nei processi reversibili tali trasformazioni si compensano e dunque si eliminano a vicenda, nei processi irreversibili, come quelli descritti dal “Secondo principio”, la trasformazione positiva segnala un’eccedenza che non è “naturalmente” compensabile e che si può indicare attraverso la grandezza o il *valore positivo* dell’entropia³⁷⁵. Tale valore esprime pertanto il *contenuto della trasformazione effettiva*, e dato che – come ha notato Gibbs³⁷⁶ – nei processi reversibili non vi è alcun cambiamento di entropia, ossia essi sono *isentropici*, di fatto nella reversibilità *non* si presenta un’effettiva trasformazione³⁷⁷. Se dunque trattiamo le trasformazioni effettive come valori di una *scala continua di probabilità* che va da un minimo a un massimo, ciò significa che anche le apparenti trasformazioni dei processi reversibili sono trattate – sebbene in minimo grado – come mutazioni effettive, contraddicendo così il fenomeno fisico dell’irreversibilità e, soprattutto (secondo i rilievi mossi a Boltzmann da Loschmidt e Culverwell), non si spiega perché, in seguito all’impiego degli *stessi* principi meccanici e delle *medesime* relazioni tra gli elementi, una volta sorga un processo reversibile e un’altra volta un processo irreversibile³⁷⁸.

In realtà, così come le equazioni meccaniche non implicano il *tempo del processo*, che compare in esse come una variabile esterna alle relazioni, allo stesso modo i calcoli probabilistici considerano il tempo dello svolgimento delle combinazioni solo come un *fattore di compensazione* dei

³⁷³ Cfr., a tal riguardo, E.C. Banks, *Ernst Mach's World Elements. A Study in Natural Philosophy*, cit., pp. 222 sgg.

³⁷⁴ Cfr. PDW, p. 330.

³⁷⁵ Cfr. PDW, p. 335.

³⁷⁶ Cfr. J.W. Gibbs, *A Method of Geometrical Representation of the Thermodynamic Properties of Substances by means of Surfaces* (1873), in *The Scientific Papers of J. Willard Gibbs*, vol. I, Longmans, Green, and Co., London-New York-Bombay 1906, p. 16 sgg.

³⁷⁷ Cfr. PDW, pp. 336-337.

³⁷⁸ Cfr. PDW, p. 338.

processi, nella misura in cui «ad ogni trasformazione deve corrispondere una trasformazione inversa, sicché tutti gli stati fisici, che una volta si sono presentati, dovrebbero essere di nuovo riprodotti. Pertanto, il tempo stesso dovrebbe essere reversibile o, meglio, non avrebbe mai potuto sorgere la rappresentazione del tempo»³⁷⁹. Ma qual è la ragione di fondo per cui un processo meccanico non è in grado di spiegare processi irreversibili come quelli termodinamici? Abbiamo visto che Boltzmann concepisce la probabilità dei microstati come *ragione* della comparsa di certi macrostati, e ciò sancisce senza dubbio uno scarto tra la meccanica dei microstati e la fenomenologia dei macrostati. Ma questo è solo il risultato finale di un'assunzione preliminare, vale a dire che le equazioni reversibili dei microstati abbiano la *stessa forma* di quelle che reggono i macrostati e, in modo simile, possa essere apposto ad esse un segno "meno".

In effetti, per Mach tale reversibilità non sussiste nemmeno al livello più semplicemente dinamico, ossia è falso che le equazioni che descrivono un evento meccanico rendano tale, in quanto reversibili, anche l'evento descritto³⁸⁰. Ciò sarebbe vero se trattassimo i singoli eventi meccanici come sistemi isolati attraverso una catena temporale chiusa che ritorni identicamente al *medesimo evento* di partenza, mentre ciò che si può ricavare dalla meccanica probabilistica è solo che una simile catena può ricondurre a un *evento dello stesso genere*³⁸¹. Se la grandezza entropica cresce come le biglie in un'urna che, mescolate, raggiungono nel corso del tempo la configurazione più probabile, allora l'unico sistema isolato che garantisce la possibilità di determinare il valore di tale grandezza è la *totalità dei fenomeni*, rispetto ai quali il mondo si comporta come l'urna che li contiene. Tuttavia – conclude Mach – «parlare di energia o di entropia del mondo non ha alcun senso, poiché comporta l'applicazione di concetti di misurazione a un oggetto che è inaccessibile alla misurazione»³⁸².

³⁷⁹ Cfr. PDW, p. 382. «Si osservi anche» – nota Mach – «che tutti i processi, che possono essere invertiti, già nella velocità, nell'accelerazione, ecc. contengono un elemento *non reversibile*, cioè il tempo» (*ibid.*, nota). Si veda anche, a tal riguardo, H. Motz, *Ernst Mach als Physiker und Historiker der Physik mit Zukunft*, in R. Haller, F. Stadler (hrsg. von), *Ernst Mach – Werk und Wirkung*, cit., pp. 87-112, in particolare pp. 93-95.

³⁸⁰ Cfr. anche MSC, pp. 484, 486-487: «Non esistono fenomeni puramente meccanici. [...] I fenomeni puramente meccanici sono solo astrazioni compiute allo scopo di semplificazione». Essi però non costituiscono un «effettivo risparmio di concetti scientifici», né indicano un «modo più libero di considerare i fenomeni».

³⁸¹ Cfr., a tal riguardo, le osservazioni di H. Reichenbach, *Filosofia dello spazio e del tempo*, cit., pp. 161-163; Id., *Axiomatik der relativistischen Raum-Zeit-Lehre*, Vieweg, Braunschweig 1924, pp. 20 sgg. e 133.

³⁸² PDW, p. 382, nota.

Dal momento che l'entropia del mondo e il tempo assoluto si equivalgono, essi sono soggetti alle medesime obiezioni che Mach aveva svolto a proposito della meccanica newtoniana. In ultima istanza, il tempo del processo è il tempo dello sviluppo positivo di un fenomeno che si svolge *in un'unica direzione* dal passato al presente; ad esso non si può contrapporre un "tempo negativo" che retrocede poiché, quando invertiamo il processo, si tratta in realtà di *un altro tempo positivo* che non si muove sulla stessa linea, ma su una linea solo *simile* alla prima. Che senso avrebbe, infatti, un tempo in cui il futuro *precede* il passato? Ma, secondo Mach, per chiarire un siffatto problema non è sufficiente un'analisi delle relazioni fisiche. Infatti, tutte le volte che si danno fenomeni *diversi*, il primo accesso che conferisce ad essi un senso è determinato dalle *sensazioni*. È quindi alla loro indagine che ora dovremo rivolgere la nostra attenzione.

Capitolo secondo

Gli elementi e le sensazioni

2.1. *Gli elementi tra “proprietà qualitative” e “forme relazionali”*

Le indagini di Mach sulla meccanica hanno fornito una configurazione *descrittiva* delle relazioni tra gli elementi: la loro natura si rivela in base allo svolgimento *storico* delle esperienze dettate da bisogni scientifici e conoscitivi. Si tratta ora di comprendere la *genesì* degli elementi a partire dall'esperienza umana nelle sue strutture sensibili, fisiologiche e materiali, in cui l'incontro col mondo assume una forma in prima istanza *qualitativa*. Tale compito è affidato a un volume che Mach pubblica pochi anni dopo la *Mecchanica* e che reca il titolo *Contributi a un'analisi delle sensazioni* (1886)¹. Il testo – che avrà ben nove edizioni fino a quella definitiva del 1922, con integrazioni e modifiche anche nel titolo, definitivamente acquisito come *L'analisi delle sensazioni e il rapporto fra fisico e psichico*² – è il risultato di una lunga gestazione, che ha inizio dalla metà degli anni Sessanta e che vede Mach distanziarsi progressivamente dalla tradizionale impostazione meccanicistica anche nel campo delle indagini fisiologiche e psicologiche³. In particolare, tra il 1865 e il 1866 Mach pubblica tre scritti – rispettivamente, sul senso temporale dell'orecchio⁴, sulla visione spaziale⁵ e sullo sviluppo della rappresentazione di spazio⁶ – che tracciano le linee di fondo entro cui si muoverà tutta la sua successiva ricerca sulle proprietà dei sensi.

¹ Cfr. E. Mach, *Beiträge zur Analyse der Empfindungen*, Fischer, Jena 1886.

² Cfr. AS.

³ Cfr., a tal riguardo, A. D'Elia, *Ernst Mach*, cit., pp. 47 sgg.; F. Adler, *Ernst Mach e il materialismo*, cit., pp. 71 sgg.

⁴ Cfr. E. Mach, *Untersuchungen über den Zeitsinn des Obres*, «Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe», 51, 2, 1865, pp. 133-150, rist. in J. Moleschott (hrsg. von), *Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere*, 10, 1866, pp. 181-200.

⁵ Cfr. E. Mach, *Bemerkungen zur Lehre vom räumlichen Sehen*, «Zeitschrift für Philosophie und philosophische Kritik», N.F., 46, 1865, pp. 1-5, rist. in Id., *Populär-wissenschaftliche Vorlesungen*, Barth, Leipzig 1896, pp. 117-123, trad. it. di A. Bongioanni, *Osservazioni sulla teoria della visione spaziale*, in LSP, pp. 92-97.

⁶ Cfr. E. Mach, *Bemerkungen über die Entwicklung der Raumvorstellung*, «Zeitschrift für Philosophie und philosophische Kritik», N.F., 49, 1866, pp. 227-232.

Il problema che qui egli affronta riguarda il rapporto tra parti e tutto nel passaggio dalla datità qualitativa e materiale dei contenuti sensibili alla loro configurazione percettiva, di carattere eminentemente *formale*, che si presenta in primo luogo nella struttura delle rappresentazioni spaziali e temporali. Un colore, ad esempio, è un elemento sensibile con una sua spazialità, ma la *forma spaziale* con cui esso si presenta nell'esperienza non è direttamente ricavabile dalla sua specifica qualità di contenuto, altrimenti tale forma non potrebbe essere riempita da altri colori⁷. Mach non intende opporsi alla concezione secondo cui, in generale, il colore deve sempre implicare un'estensione, in modo da originare una connessione analitica tra i due, ma evidenzia come la nozione di estensione sia equivoca, sia per quanto riguarda la particolare configurazione percettiva che emerge da una determinata nozione di spazio, sia per lo stesso *concetto spaziale*, la cui "forma" è lasciata nella vaghezza di un'improbabile "rappresentazione in generale", oppure risulta già pregiudicata in base all'assunzione implicita di una certa dimensionalità, di solito corrispondente alla geometria ritenuta, per principio, più evidente e "naturale"⁸.

A questo riguardo, Mach intravede utili spunti d'indagine nella teoria degli elementi e dei dati dell'esperienza che Johann Friedrich Herbart aveva sviluppato nella sua *Psicologia*⁹, e che egli aveva conosciuto grazie all'amico di famiglia Franz Lott, compagno di studi di Herbart a Gottinga e poi docente a Vienna intorno alla metà del secolo¹⁰. L'adesione del giovane Mach al programma di Herbart, fino al punto di apparire anche in seguito come un «convinto herbartiano»¹¹, si basa soprattutto sul fatto che questi aveva saputo porre l'esigenza di un "metodo delle relazioni" a carattere matema-

⁷ Cfr. LSP, p. 93.

⁸ Cfr. E. Mach, *Bemerkungen über die Entwicklung der Raumvorstellung*, cit., in particolare p. 228.

⁹ Cfr. J.F. Herbart, *Lehrbuch zur Psychologie*, Unzer, Königsberg 1816, trad. it. di I. Volpicelli, *Manuale di psicologia*, Armando, Roma 1982; Id., *Psychologie als Wissenschaft neu gegründet auf Erfahrung, Metaphysik und Mathematik*, Unzer, Königsberg 1824-1825, trad. it. di P.U. Pinna Parpaglia, *La Psicologia come scienza rifondata sulla esperienza, sulla metafisica e sulla matematica*, Mathesis, Sassari 1999.

¹⁰ Riguardo alla presenza, negli studi di Lott, di concetti herbartiani, cfr. F. Lott, *Zur Logik*, Vandenhoeck und Ruprecht, Göttingen 1845, pp. 35 sgg. Sui rapporti tra Mach e Lott, cfr. W.W. Swoboda, *The Thought and Work of the Young Ernst Mach*, Dissertation, Pittsburgh 1973, p. 171; Id., *Physik, Physiologie und Psychophysik – Die Wurzeln von Ernst Machs Empiriekritizismus*, in R. Haller, F. Stadler (hrsg. von), *Ernst Mach – Werk und Wirkung*, cit., p. 386; E.C. Banks, *Ernst Mach's World Elements*, cit., p. 47.

¹¹ Cfr. *Brief von Gustav Theodor Fechner an Ernst Mach vom 18 April 1864*, in J. Thiele, *Wissenschaftliche Kommunikation. Die Korrispondenz Ernst Machs*, cit., pp. 41-42.

tico¹², senza il quale gli elementi empirici sarebbero rimasti semplici riferimenti vuoti della conoscenza, dal momento che – com'era emerso dagli studi machiani sulla meccanica – ogni dato non può essere lasciato a sé, ma va ricostruito nella sua genesi e nella funzione che esso svolge all'interno dell'esperienza.

Senz'addentrarsi nelle questioni più strettamente metafisiche, che riguardavano lo statuto e il ruolo dei «reali» semplici e assoluti nel contesto delle indagini herbartiane¹³, Mach affronta il rapporto che Herbart aveva istituito tra l'aspetto sensibile delle rappresentazioni spaziali e le proprietà dello spazio fisico, allo scopo di risolvere le “contraddizioni” che emergevano dalle forme dell'esperienza. In particolare, Herbart aveva descritto le rappresentazioni – che in generale includevano le impressioni, le sensazioni e le idee – nella forma di *elementi qualitativi* presenti a livello psichico come “forze”, la cui dinamica era per molti versi analoga a quella che Newton aveva assegnato ai corpi fisici, in quanto essi sono dotati di proprietà di direzione e intensità organizzate secondo determinate leggi di repulsione, attrazione e composizione¹⁴. Nell'individuare tali combinazioni dinamiche delle rappresentazioni, corrispondenti a un'autentica “meccanica della mente”¹⁵, Herbart si era avvalso di una configurazione *seriale*, in cui ogni elemento si lega all'altro attraverso l'immaginazione e la memoria che garantiscono la continuità dell'insieme rappresentazionale¹⁶. Così, ad esempio, se compaiono in successione tre elementi psichici – *A*, *B* e *C* –, allo svanire del primo fa seguito una traccia o un'immagine postuma che permane quando subentra il secondo, in modo da istituire con quest'ultimo un legame che permette la conservazione – sebbene con un carattere modificato – della qualità iniziale¹⁷. Nello svolgimento della serie si costituisce una *scala intensiva* di tipo differenziale, in cui il valore di ogni singola qualità è dato dal prodotto tra la sua attualità e il grado di conservazione delle immagini precedenti, il quale dipende dalla capacità d'inibizione, di rinforzo o di fusione che sorge

¹² Cfr. R. Pettoello, *Introduzione a Herbart*, Laterza, Roma-Bari 1988, pp. 94 sgg.

¹³ Cfr. J.F. Herbart, *Allgemeine Metaphysik nebst den Anfängen der philosophischen Naturlehre*, Zweiter, systematischer Teil, Unzer, Königsberg 1829, trad. it. di R. Pettoello, *Metafisica generale con elementi di una teoria filosofica della natura*, Parte sistematica, UTET, Torino 2003, De Agostini, Novara 2013, pp. 99 sgg.

¹⁴ Cfr. J.F. Herbart, *Manuale di psicologia*, cit., pp. 25-26; E. Mach, *Vorträge über Psychophysik*, Sommer, Wien 1863, pp. 9 sgg.; E.C. Banks, *Ernst Mach's World Elements*, cit., p. 49.

¹⁵ Cfr. CE, p. 13.

¹⁶ Cfr. J.F. Herbart, *Manuale di psicologia*, cit., pp. 62 sgg. D.E. Leary, *The Historical Foundation of Herbart's Mathematization of Psychology*, «Journal of the History of Behavioral Sciences», 16, 1980, p. 154.

¹⁷ Cfr. J.F. Herbart, *Manuale di psicologia*, cit., p. 35.

dall'interazione tra gli elementi. Poiché non si tratta di una serie che si svolge in estensione, in base a una linea predefinita del decorso rappresentazionale, ma di un contenimento reciproco determinato dalla sostituzione, volta per volta, di un elemento all'altro, essa può essere percorsa da due lati, ossia tanto dal lato *produttivo* dello sviluppo, guidato dal criterio dell'attualità e del *novum* rappresentazionale, quanto dal lato *riproduttivo* della conservazione¹⁸, determinato invece dal grado di modificazione di un contenuto già acquisito, fino al limite della cancellazione per inibizione. In tal modo, non solo si può intendere l'elemento subentrante come connesso agli elementi che lo hanno preceduto nella memoria, ma anche gli elementi precedenti come sue *anticipazioni*, dato che la serie riproduttiva è sempre legittimata dal carattere intensionale delle relazioni. Così, se in un'occasione successiva *A* compare di nuovo come elemento dell'esperienza, immediatamente esso richiama *B* e *C*, che pure seguono ad *A* dal punto di vista della serie produttiva originaria¹⁹.

In questo rapporto dinamico tra produzione e riproduzione, che Herbart utilizza per spiegare l'origine delle rappresentazioni "complesse" di tempo e di spazio²⁰ – il primo costituito da una singola molteplicità di tipo lineare e unidimensionale, in cui si nota la transizione tra ciò che è iniziale e ciò che è finale, mentre il secondo proveniente da una base di duplice molteplicità bidimensionale per incrocio e divisione di serie, corrispondente all'estensione radiale e reversibile di punti sulla retina, in cui scompare la distinzione tra il primo e l'ultimo termine²¹ –, Mach coglie un sicuro progresso rispetto alla concezione kantiana, anzitutto per il fatto di evitare il ricorso a una dottrina delle "facoltà" e, in secondo luogo, per l'attenzione agli aspetti descrittivi ed empirici delle rappresentazioni, che non necessitano dell'assunzione preliminare di una "coscienza" o di un "io" per comprendere le loro diverse forme di unificazione²². A fronte di ciò, Mach evidenzia tuttavia come il privilegio accordato da Herbart alla «legge di riproduzione della serie» si riveli in difetto proprio nel chiarire il senso di questa "legge" e del concetto di *relazione* che ne sta a fondamento²³. Per quanto riguarda il tempo, infatti, Herbart da un lato sottolinea come «l'aver coscienza del decorso temporale delle rappresentazioni debba essere distinto da questo stes-

¹⁸ Cfr. *ivi*, p. 26.

¹⁹ Cfr. *ivi*, pp. 36-37.

²⁰ Cfr. *ivi*, pp. 117 sgg.

²¹ Cfr. *ivi*, pp. 120-121.

²² Cfr. E. Mach, *Untersuchungen über den Zeitsinn des Objes*, cit., p. 146.

²³ Cfr. *ibid.*

so decorso temporale»²⁴, ma dall'altro assegna al cambiamento qualitativo, che interviene nella riproduzione di ogni singola rappresentazione, la capacità di far sorgere una tale coscienza temporale, ricorrendo così a un criterio attributivo, fissato sulle "proprietà" volta per volta acquisite dall'elemento, che non rende ragione dell'effettiva esperienza del tempo. Se il senso del tempo dipendesse dal contenuto intensionale e qualitativo della riproduzione, perché tale contenuto non dovrebbe essere *lo stesso* nel decorso fisico-fisiologico delle rappresentazioni e nell'unità formale della successione che invece avvertiamo a livello psichico?²⁵ Come si svolge e su cosa opera l'astrazione che, rispetto alla rappresentazione modificata, ci restituisce la *forma* del tempo?²⁶

Herbart utilizza l'eliminazione della teoria kantiana delle facoltà per togliere il presupposto noetico-intellettualistico che ricorre a un atto riflessivo o di second'ordine come principio di unità formale delle rappresentazioni, ma è evidente che tale presupposto non debba poi essere reintrodotta surrettiziamente, né nella forma dell'"unità semplice" dell'anima come base di una non meglio definita "astrazione" rispetto al contenuto empiricamente distinto di ogni elemento, né come una *qualità intrinseca* al contenuto stesso. Una melodia, ad esempio, presenta una qualità sensibile connessa a una certa *figura* temporale di tipo ritmico, che si può separare dal contenuto sonoro particolare così come i segni di contorno di un dipinto si possono separare dai suoi particolari contenuti percettivi²⁷. Ma quest'indipendenza della figura ritmica non può essere ricavata dalla dinamica *interna* delle rappresentazioni con le loro "pressioni" e "contropressioni", poiché in tal caso non sapremmo mai dove finisce la qualità particolare e dove comincia la loro forma comune. D'altra parte, la figura ritmica non può nemmeno essere dovuta a un fattore noetico che interviene sulle rappresentazioni dall'esterno, altrimenti essa non si presenterebbe immediatamente nell'atto percettivo del suono. Da ciò Mach conclude che la particolare *sensazione di suono*, a cui appartiene una successione qualitativa, deve in qualche modo essere accompagnata da una *sensazione di ritmo*, la quale consente quella "generalizzazione" che non è data né alla singola qualità, né alla serie intensionale delle singole qualità²⁸.

Un argomento simile vale per la *sensazione di spazio*, con il vantaggio che, per consentire la separazione psichica della forma dal contenuto spa-

²⁴ Cfr. J.F. Herbart, *Manuale di psicologia*, cit., p. 120.

²⁵ Cfr. E. Mach, *Osservazioni sulla teoria della visione spaziale*, cit., p. 93.

²⁶ Cfr. E. Mach, *Untersuchungen über den Zeitsinn des Ohres*, cit., p. 146.

²⁷ Cfr. ivi, p. 147.

²⁸ Cfr. ivi, p. 148.

ziale, non disponiamo solo di una sensazione che si accompagna a un'altra, ma anche di un chiaro riferimento esterno, che si ritrova nel campo fisico e fisiologico della *simmetria* del nostro corpo percipiente²⁹. In ogni caso, risulta evidente che «la ragione del riprodursi con la stessa forma di due serie qualitativamente diverse non è l'avere la stessa successione di gradi di fusione»; infatti, «una rappresentazione che si è fusa con un'altra non può riprodurre tutte le altre, poiché queste si sono, in modo simile, fuse tra loro»³⁰. Se il decorso delle rappresentazioni dà vita a un'interazione tra complessi rappresentazionali che, nella serie, mostrano gradi sempre diversi, è chiaro che non si potranno mai isolare elementi costitutivi semplici, né, d'altro canto, si potrà giungere a una *forma* conclusiva e “complessa” della serie, dal momento che questa forma potrà essere a sua volta ritenuta un elemento con una propria “forza” rispetto ad altre serie, così come le parti costitutive disponevano di una loro forza rispetto alle altre. Anche per la sensazione di ritmo, a cui è legata la forma del tempo, si dovrebbe pertanto cercare un riferimento nel piano fisico-corporeo, una sorta di “risonanza” che faccia da punto di appoggio dell'identità temporale³¹.

In conclusione, la dinamica herbartiana delle rappresentazioni, identificando la relazione con una forza intrinseca all'elemento, ricade così nel solito equivoco – tipico anche della meccanica classica – di ricavare dalle parti la forma relazionale del tutto, giungendo a farne l'attributo *disposizionale* di un ente metafisico che consente un continuo scambio tra il *termine* e la *funzione* da esso svolta quando si trova in rapporto ad altri termini. Pur appellandosi a concetti e rapporti matematici come criteri esplicativi del “metodo delle relazioni”, Herbart li qualifica dunque come parti dell'essenza dei fenomeni, sicché anche i contenuti sensibili e rappresentazionali si trovano ad assumerne le proprietà, mentre si sarebbe dovuto far fronte a tale reificazione delle relazioni attraverso una più riposta qualificazione *strumentale* dei simboli matematici³². L'analisi delle sensazioni si pone dunque fin da subito, per Mach, come occasione per chiarire la “natura” e i margini di applicazione delle relazioni, nella misura in cui un contenuto sensibile as-

²⁹ Cfr. E. Mach, *Osservazioni sulla teoria della visione spaziale*, cit., p. 94.

³⁰ Cfr. *ivi*, p. 93.

³¹ Cfr. *ivi*, p. 97.

³² Cfr., a tal riguardo, CE, pp. 322-324. Sui rapporti tra la concezione dell'esperienza di Mach e di Herbart, cfr. B. Centi, *Kant e Herbart, matematica e psicologia in Mach*, «Giornale critico della filosofia italiana», 76, 1997, pp. 446-460; S. Poggi, *Herbart, Mach, Ebrenfels*, in Id. (ed. by), *Gestalt Psychology: Its Origins, Foundations and Influence. An International Workshop*, Olschki, Firenze 1994, pp. 3-19; E.C. Banks, *Ernst Mach's World Elements. A Study in Natural Philosophy*, cit., pp. 30 sgg.

sume significato quando è colto all'interno di un certo campo relazionale, senza il quale esso non esisterebbe o sarebbe qualcosa di affatto diverso dalla sua peculiare e circostanziata manifestazione fenomenica.

2.2. I complessi di elementi

Nell'*Introduzione* allo scritto sui *Principi di ottica fisica* – pubblicato postumo nel 1921 a cura del figlio Ludwig – Mach riassume il percorso che, negli anni precedenti, lo aveva condotto all'indagine sulle sensazioni e sui rapporti tra i diversi campi (fisico, psichico e fisiologico) in cui esse si collocano. Chiaro, scuro, luce e colore – nota Mach – non si possono *descrivere*, ma solo *contrassegnare*³³. Se, descrivendo il fenomeno, diciamo ad esempio che l'oscurità è mancanza di luce, o che il rosso è una certa frequenza luminosa, trascuriamo tutti i numerosi casi in cui il fenomeno si presenta e l'attributo menzionato è assente. Possiamo avere casi in cui la luce è presente ma assorbita da un corpo nero, oppure un oggetto che viene percepito come rosso con una frequenza che di solito non appartiene a tale colore, o che non ne ha alcuna.

Il fatto che casi del genere non siano i più comuni, non deve indurci a considerarli appartenenti solo a un mondo privato e soggettivo, ma a riflettere sui criteri che adottiamo quando riteniamo qualcosa come “comune” o no. Se vediamo rosso nel corso di un'allucinazione indotta da un farmaco³⁴, dev'essere già accaduto qualcosa che mostra una parte comune e una parte privata: la prima ci rende possibile il riconoscimento del colore (ad esempio, attraverso le esperienze passate o il confronto con le esperienze altrui), mentre la seconda fa sì che l'allucinazione non possa essere condivisa, cioè che non si possa offrire una condizione in base alla quale anche altri uomini siano in grado di riconoscere i medesimi oggetti. Ma anche la sensazione normale e condivisa è sempre, di fatto, una sensazione privata: il suo “trovarsi in comune”, con cui di solito indichiamo la sua appartenenza al mondo *fisico*, non può essere dunque ricavato da nessuna *proprietà* del contenuto sensibile³⁵.

Se nella *descrizione* del colore potessimo disporre di un criterio per distinguere il colore percepito dal colore fisico, avremmo la capacità, tramite la semplice *analisi* del fenomeno, di isolare quegli aspetti che appartengono

³³ Cfr. E. Mach, *Die Prinzipien der physikalischen Optik. Historisch und erkenntnispsychologisch entwickelt*, Barth, Leipzig 1921, Neudruck, hrsg. von D. Hoffmann und J. Pircher, XENOMOI, Berlin 2020, p. 11.

³⁴ Cfr. *ivi*, p. 12.

³⁵ Cfr. AS, p. 47.

all'apparenza soggettiva e quelli che invece appartengono alla sua realtà oggettiva. Tuttavia, è stata proprio la preliminare collocazione di tali aspetti entro l'ambito psichico o fisico a rendere possibile l'analisi che consegue dalla descrizione. Come accadeva nell'ambito fisico-meccanico, anche nell'ambito psichico *il fenomeno si dà una volta sola*, sicché non ci è lecito ricorrere a un'articolazione categoriale per distinguere ciò che in esso è essenziale e oggettivo e ciò che invece è accidentale e contingente. Il colore visto è il contrassegno o la "nota caratteristica" di un processo, ma anche se potessimo percorrere per intero la catena di un tale processo³⁶, non riusciremmo a trarre da ciò il significato della sensazione, così come dalla densità e dal peso della materia di un corpo non derivano i fenomeni dinamici in cui il corpo si manifesta. Il fenomeno e le sue circostanze particolari formano un'unità inscindibile, sicché i diversi contrassegni non servono a raddoppiarlo, separarlo o isolarlo, ma solo a indicare la *modificazione delle circostanze*, cioè i rapporti di dipendenza in cui esso è inserito. Così, pur essendo il fenomeno sempre uno solo, il significato che emerge dal contrassegno sensibile non è mai univoco, poiché dipende dalle situazioni, dagli interessi, scopi e convenzioni³⁷ da cui sorge la sua compagine relazionale.

In questa prospettiva, il termine "analisi", che compare nel titolo del volume del 1886, non dev'essere inteso come una scomposizione e un'indagine dei caratteri costitutivi delle "sensazioni in sé" – in linea con le ricerche svolte da Goethe, Schopenhauer e Müller³⁸ –, ma come una più attenta considerazione dei *fattori* che determinano la comparsa dei fenomeni sensibili. Mach nota tuttavia come, in seguito allo sviluppo delle scienze sperimentali in ambito psichico e per una sorta di reazione all'impronta metafisico-speculativa della psicologia romantica, tali fattori siano stati unilateralmente vincolati alla *fisiologia dei sensi*, che ha finito per assumere le concezioni e i metodi della stessa fisica classica³⁹. Per togliere quest'equivoco, che fa della fisiologia un semplice campo intermedio di transizione dalla psicologia alla fisica, Mach si richiama anzitutto alle indagini dello studioso di matematica applicata Karl Pearson a cui, a partire dalla seconda edizione (1900), egli dedica il volume sull'*Analisi delle sensazioni*.

Già prima della pubblicazione del suo capolavoro sulla *Grammatica della scienza* (1892), Pearson aveva infatti proposto di definire come uno «spi-

³⁶ Cfr. E. Mach, *Die Prinzipien der physikalischen Optik*, cit., p. 11.

³⁷ Cfr. *ibid.*

³⁸ Cfr. AS, p. 37

³⁹ Cfr. *ibid.*

nozismo invertito, nel senso di Fichte»⁴⁰, la sua concezione epistemologica secondo cui i concetti scientifici sono costruzioni utili e finalizzate, fondate sugli atti e sulle operazioni svolte dal *soggetto* di conoscenza. Tale definizione, che riprendeva un'espressione coniata da Friedrich Heinrich Jacobi per caratterizzare l'idealismo trascendentale fichtiano⁴¹, era volta a criticare l'oggettivismo di Spinoza come un sistema nel quale l'intelletto è solo un aspetto della natura da cui sono deducibili le sue leggi eterne, decretando così l'esistenza *reale* di tali leggi in quanto *attributi* di una mente divina che coincide con il mondo stesso. A fronte di ciò – richiamandosi all'"io assoluto" di Fichte come «atto effettuale» (*Tathandlung*) di carattere non teoretico, ma *pratico* – Pearson sosteneva che «quando parliamo di teorie ondulatorie o molecolari, di leggi di attrazione, ecc., esse non sono qualcosa d'indipendente da noi, ma sono costruzioni intellettuali necessarie per semplificare i complessi di sensazioni che chiamiamo luce, calore, movimenti planetari e così via»⁴². Pearson respingeva così ogni forma di armonia pre-stabilita tra le leggi del pensiero e quelle della natura, ossia tra le "rappresentazioni interne" e l'"ordine esterno" delle cose⁴³, affidando ai rapporti che si stabiliscono tra i «gruppi di sensazioni» e i concetti il compito di dar forma a ciò che è per noi la realtà. In tal senso, egli rifiutava anche il ricorso a teorie causali, volte a individuare "materie" o "forze" originarie da cui derivano i fenomeni. Infatti, tali principi non sarebbero inscrivibili in alcuna «legge vera e oggettiva della natura», poiché le leggi sono solo modelli utili di spiegazione o «costrutti della mente che non possono essere detti veri o falsi, ma solo validi nella misura in cui si rivelano adeguati per l'osservazione della natura stessa, e, come tali, possono essere sempre rimpiazzati da costrutti più adeguati»⁴⁴.

Mach accoglie le osservazioni di Pearson e le sue critiche all'oggettivismo delle leggi di natura, ma ne respinge l'inversione soggettivistica che, sebbene attenuata dal carattere pratico della formazione dei concetti, pareva in ogni caso ricadere in una metafisica di segno opposto. Non solo gli elementi dell'esperienza (colori, suoni, calore, pressioni, spazi, tempi) si

⁴⁰ K. Pearson, *Pollock's Spinoza*, «Cambridge Review», 2, 1880, pp. 94-96, in particolare p. 95. Si vedano anche, a tal riguardo, J.M. Stern, *Karl Pearson and the Logic of Science: Renouncing Causal Understanding (the Bride) and Inverted Spinozism*, «South American Journal of Logic», 4, 1, 2018, pp. 219-252, in particolare pp. 228 sgg.; Th.M. Porter, *Karl Pearson. The Scientific Life in a Statistical Age*, Princeton University Press, Princeton and Oxford 2004, pp. 64 sgg.

⁴¹ Cfr. F.H. Jacobi, *Jacobi an Fichte*, Perthes, Hamburg 1799, pp. 14 sgg.

⁴² K. Pearson, *Pollock's Spinoza*, cit., p. 95.

⁴³ Cfr. K. Pearson, *The Grammar of Science*, cit., pp. 109 sgg.

⁴⁴ J.M. Stern, *Karl Pearson and the Logic of Science*, cit., p. 236.

danno anzitutto attraverso le sensazioni che formano complessi indicati come “corpi” la cui persistenza non è affatto assoluta⁴⁵, ma anche l'io, che si riferisce a tali corpi inquadrandoli in leggi generali, è dotato di un'unità e una persistenza del tutto provvisorie⁴⁶. Se però, come fondamento dell'esperienza, non si pone l'io o la cosa, ma il *fenomeno*, è allora possibile assegnare a quest'ultimo un *indice di variazione graduale* che può essere letto dai due lati in cui si costituisce la sua relazione funzionale. Assumendo infatti come dominio della funzione il lato corporeo-fisico, il codominio o campo di applicazione risulterà il lato mentale-psichico. La relazione psico-fisica cessa così di presentarsi come un enigmatico legame tra due mondi ontologicamente separati poiché, a garanzia dell'unità, sta sempre la base fenomenica che, a seconda del rilievo attribuito all'indagine conoscitiva, può apparire come appartenente al campo psichico oppure a quello fisico⁴⁷. Se invertiamo la relazione, ciò che prima appariva come dominio si presenta ora come codominio, ma la struttura relazionale (cioè l'insieme o “famiglia” di relazioni e delle loro trasformazioni) rimane sempre la stessa⁴⁸.

Ciò detto, si pone subito la seguente obiezione, che riguarda ogni configurazione del rapporto tra mondo esterno e mondo interno in cui il “parallelismo psico-fisico” di Mach sembra inscrivere⁴⁹. Dal momento che esiste una simile corrispondenza, determinata dal criterio della variazione funzionale, perché vi sono elementi che si presentano in un campo ma non si ritrovano nell'altro? In secondo luogo, come si spiega il fatto che alcuni elementi assumano un'importanza maggiore rispetto ad altri al punto tale da apparire come centri di accumulazione di “proprietà” che, da una parte, costituiscono i corpi e, dall'altra, l'io? Alla prima questione, Mach risponde precisando che il concetto di funzione non è confinato alla simmetria dell'isomorfismo classico, di tipo biunivoco-biiettivo, poiché tale isomorfismo è solo una specie del genere dei morfismi o applicazioni funzionali che includono anche casi univoci-iniettivi o monomorfici, cioè di tipo asimmetrico, in cui a un elemento del dominio iniziale non corrisponde alcun ele-

⁴⁵ Cfr. AS, p. 37

⁴⁶ Cfr. AS, p. 38.

⁴⁷ Cfr. AS, p. 47.

⁴⁸ Cfr. AS, p. 69.

⁴⁹ Cfr. AS, p. 80. Questo principio *euristico*, che «non riconosce l'esistenza di una differenza sostanziale fra i due ambiti psichico e fisico», si ritrova anche in E. Mach, *Über die Wirkung der räumlichen Vertheilung des Lichtreizes auf die Netzhaut*, «Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe», 52, 2, 1865, pp. 303-322; Id., *Grundlinien der Lehre von der Bewegungsempfindungen*, Engelman, Leipzig 1875, p. 63.

mento del dominio di applicazione e viceversa⁵⁰. Si tratta di un caso già discusso da Fechner nella sua *Psicofisica*, in cui alla presenza di uno stimolo fisico non corrisponde alcuna sensazione a causa della permanenza del primo sotto la “soglia assoluta di coscienza”, o della grandezza relativa dello stimolo che deve superare una certa soglia differenziale per manifestarsi a livello psichico⁵¹. Ma può verificarsi anche il caso contrario, come ad esempio nella comparsa di fenomeni fantastici, allucinazioni o false percezioni, a cui non corrisponde uno stimolo esterno⁵². Resta comunque il fatto che tale problema non può essere risolto trattando l’ambito psichico e quello fisico come due insiemi separati, ognuno dotato dei propri elementi: essi vanno anzi ricompresi in un’indagine più ampia, in cui rientrano anche caratteristiche *fisiologiche* del corpo senziente. Infatti, la fisiologia tratta di corpi fisici che non possono però essere considerati come i comuni corpi del mondo esterno, ridicibili a spiegazioni fisico-chimiche, ma richiedono l’intervento di fattori temporali e metabolici che caratterizzano il corpo vivente nella sua peculiarità di “sentire” i corpi esterni e anche il corpo proprio. Per Mach, l’estensione e la delimitazione di questi campi non va fissata *a priori*, ma dipende dagli aspetti a cui si attribuisce un rilievo maggiore o minore nell’insieme relazionale unitario della realtà.

Su questa base, è possibile affrontare anche la seconda questione della permanenza e dell’identità dei corpi e dell’io. Un corpo che vediamo – nota Mach – esercita su di noi una certa sensazione, ma esercita anche un effetto su altri corpi, ad esempio un riflesso, una pressione, ecc., e lo stesso accade per il nostro corpo, con l’aggiunta che, in quest’ultimo caso, dobbiamo includere l’insieme dei ricordi, delle intenzioni e dei sentimenti⁵³. In entrambi i casi, si tratta di *insiemi di variazioni progressive* che comprendono elementi diversi e di specie differenti. Se ora riportiamo queste variazioni in una *scala spaziale e temporale*, necessaria per rendere il senso della corporeità propria dell’io e delle sue trasformazioni, possiamo formulare un criterio d’identità senz’assumere una preliminare nozione di “sostanza” oggettiva o soggettiva.

Qualcosa che possiamo rappresentare come un punto dello spazio – non importa che si tratti di uno spazio fisico o di una localizzazione psichica – si modifica nel corso del tempo, ossia: in ogni istante si trova in un punto diverso della curva che traccia la forma e indica il senso delle sue trasforma-

⁵⁰ Cfr., a tal riguardo, F. Speranza, *Relazioni e strutture*, Zanichelli, Bologna 1970, pp. 71 sgg.

⁵¹ Cfr. AS, p. 81.

⁵² Cfr. AS, p. 80; CE, pp. 155-158; G.Th. Fechner, *Elemente der Psychophysik*, Zweiter Teil, Breitkopf und Härtel, Leipzig 1860, pp. 498 sgg.

⁵³ Cfr. AS, p. 39.

zioni. Se vogliamo fissarne l'identità, che è solo un tipo particolare di relazione, dobbiamo considerare la *lunghezza* di un tratto e la *velocità* con cui il punto, che sta per il corpo fisico o per l'io, lo percorre. Se però prendiamo un tratto di curva spazialmente *troppo breve*, non osserviamo alcuna diversità di forma tra il limite iniziale e quello finale, cioè non possiamo notare l'andamento della curva nelle sue differenze, ma otteniamo lo stesso effetto di permanenza indifferenziata anche se percorriamo un tratto più lungo (o l'intera curva) in un tempo *troppo lungo*⁵⁴. Io – nota Mach riferendosi al “paradosso del mucchio” o *sorite* – mi sento oggi uguale a quello di ieri e proietto quest'uguaglianza sull'intera unità spazio-temporale della mia vita; ma se percorro *più velocemente* quest'unità e le sue frazioni, ad esempio aumentando la lunghezza del tratto nella stessa unità di tempo o diminuendo il tempo rispetto alla medesima lunghezza del tratto, scompare ciò che prima appariva identico e persistente. Per mantenere l'identità e la continuità, dobbiamo quindi affidarci alla *catena dei ricordi*, che non è diversa da quella impiegata dal fisico per identificare un corpo che si muove nello spazio. Come il fisico adotta un sistema di riferimento inerziale, il quale presuppone un corpo rigido e costante per *confrontare* i moti e le trasformazioni, così nella nostra esperienza adottiamo, come sistemi di riferimento “rigidi”, eventi che riteniamo più importanti e significativi, «a cui abbiamo dato una designazione e un nome»⁵⁵. Le variazioni graduali, più o meno veloci, «finiscono così col passare in secondo piano»⁵⁶, dandoci l'impressione che siano irrilevanti rispetto a tali eventi o che dipendano dalla loro sussistenza.

Da ciò Mach trae due importanti conseguenze. In primo luogo, identità e diversità sono termini *correlativi*, nel senso che ciò che in un primo momento appare identico, in un secondo momento può apparire diverso. Questo dipende dal fatto che *analisi* e *sintesi* non possono essere esercitate *nello stesso tempo*⁵⁷. La fissazione dell'identità spetta alla sintesi, che però viene spesso trasferita dal piano della correlazione a quello della cosa, intesa come la *totalità* delle sue proprietà, dimenticando che la totalità correlativa non è una realtà, una proprietà o una relazione inerente alle cose singolarmente prese, ma solo una *rappresentazione utile e indistinta* di ciò che persiste. Noi diciamo, ad esempio, che il corpo è «uno», che «la terra o una palla da biliardo sono sfere», ma «se fossimo costretti a prendere in considerazione

⁵⁴ Cfr. AS, pp. 38-39.

⁵⁵ AS, p. 38.

⁵⁶ *Ibid.*

⁵⁷ Cfr. AS, p. 41.

l'orografia o la microscopia, i due corpi cesserebbero di essere sfere»⁵⁸. Non ha perciò senso porre in antitesi una relazione *collettiva* e una relazione *distributiva*, dato che esse non appartengono alla medesima connessione e che, inoltre, rispondono a bisogni diversi⁵⁹. In secondo luogo, il carattere "rappresentativo" della sintesi non è frutto dell'intervento di un'attività intellettuale o concettuale, ma si manifesta già a livello *sensibile*. Possiamo "sentire" la sfericità di una palla così come possiamo "vedere" un colore, dal momento che anche quest'ultimo è una «parte costitutiva comune che si presenta in molti corpi»⁶⁰.

Dalla semplice considerazione del fenomeno, non siamo pertanto in grado d'indicare le parti che svolgono una funzione sintetica e quelle a cui è invece assegnato un ruolo analitico e subordinato, poiché tali funzioni non sono forze o capacità ad esse intrinseche. Tale tendenza ad assegnare un ruolo privilegiato ad alcune parti – nota Mach – è all'origine della nozione di "cosa in sé", la quale considera non solo gli oggetti, ma anche le loro parti come elementi singolarmente componibili, cioè aggiunti o sottratti mediante operazioni aritmetiche, salvo poi aggiudicare a uno di essi la proprietà di svolgere, per essenza, la funzione di sintesi collettiva e di fondamento⁶¹. Rifiutandosi di attribuire la relazione collettiva e la relazione distributiva a due "facoltà" distinte (rispettivamente, all'intelletto e alla sensibilità), Mach evita così il fastidioso problema di collocare l'universale, in cui si esprime la "forma comune", a un livello di ordine diverso – "superiore" dal punto di vista gnoseologico o "più fondamentale" dal punto di vista ontologico – rispetto agli elementi particolari nei quali si vorrebbe cogliere la "materia propria" della sensibilità.

Nel *fenomeno sensibile*, ogni distinzione si presenta come *reale*, anche quella che, ordinariamente, si definisce come "astratta". Separare la sfericità dalla Terra non è dunque, in sé, più difficile che separare la Terra da una palla da biliardo. Ciò che chiamiamo *distinctio rationis* non è, per Mach, una proprietà dell'intelletto, ma del *concetto*, cioè di una formazione di carattere *pratico* che sorge da determinati bisogni della vita in cui le sensazio-

⁵⁸ Cfr. *ibid.*

⁵⁹ In questo senso, Mach anticipa la nozione matematico-topologica di *fibrazione*, la quale serve a tenere insieme su un'unica base spaziale e temporale dimensioni che, singolarmente considerate, non hanno una forma comune. Tale nozione è, in realtà, già presente in Avenarius, alla scopo di descrivere il rapporto tra il sistema nervoso centrale e gli oggetti fenomenici (su ciò, cfr. L. Guidetti, *Logica e struttura della metafisica in Richard Avenarius*, in L. Guidetti, G. Mancuso (a cura di), *La metafisica del positivismo*, cit., pp. 123-147, in particolare p. 136.

⁶⁰ AS, p. 40.

⁶¹ Cfr. AS, p. 41.

ni, pur presenti, non entrano in gioco nell'insieme relazionale, poiché esse comportano il ricorso a fattori di tipo fisiologico che, semplicemente, nel concetto non vengono considerati⁶². Se, dunque, la sintesi è sensibile tanto quanto l'analisi, giacché la loro distinzione dipende solo dal modo in cui viene connotato l'"elemento", assume allora valore l'obiezione di Hume secondo la quale, non risultando l'immagine di qualcosa di permanente affatto modificata quando vien meno l'una *oppure* l'altra delle sue parti, «si pensa di poter togliere singolarmente *ciascuna* parte senza che quest'immagine cessi di rappresentare la totalità», fino al punto che, dopo aver tolto tutte le parti, «resterebbe ancora qualcosa»⁶³. *La disgiunzione logica, che presuppone sempre l'unione di un insieme, viene così indebitamente assunta come base per un'addizione o una sottrazione aritmetica, che invece ne comportano l'aumento o la diminuzione.*

Le medesime considerazioni sviluppate per le sensazioni dei corpi fisici si possono riprodurre anche riguardo all'*io*, spesso inopportuno indicato come il "fondo stabile" della personalità individuale⁶⁴. Non abbiamo infatti ragione di cogliere nell'*io* personale un complesso sintetico di relazioni interne contrapposto alle relazioni esterne – accessorie e subordinate – che esso instaura con gli altri *io*. Anche in questo caso si tratta di attenersi all'esperienza fenomenica, presente nel nostro vissuto, per cui «nell'*io* di uomini diversi non vi sono differenze maggiori di quelle che si presentano in un solo individuo nel corso degli anni»⁶⁵. A tal riguardo, riferendosi alle indagini svolte da Théodule Ribot sulle *Malattie della personalità*⁶⁶, Mach evidenzia l'importanza dei "sentimenti comuni" per la costituzione dell'*io*, intendendo con ciò che non spetta né alla riflessione né alla coscienza individuale il compito di fissare l'identità personale, ma a un *abito*, costante e

⁶² Cfr. AS, pp. 278-280. Si veda anche CE, p.130, in cui Mach, riferendosi alle indagini di Adolf Stöhr (*Leitfaden der Logik in psychologischer Darstellung*, Deuticke, Leipzig und Wien 1905-1915², pp. 7 sgg.), sostiene che «Le cose sono per noi complessi relativamente stabili di sensazioni, mutualmente connesse e dipendenti. Ma non tutti gli elementi di tale complesso hanno uguale importanza biologica. [...] Il processo dell'astrazione consiste essenzialmente nella divisione della disposizione, dell'interesse e dell'attenzione».

⁶³ AS, p. 41. Si veda anche, a tal riguardo, D. Hume, *A Treatise of Human Nature*, Book I, *Of the Understanding*, John Noon, London 1739, trad. it. di A. Carlini, E. Lecaldano, E. Mistrretta, *Trattato sulla natura umana*, Libro primo, *Sull'intelletto*, Laterza, Roma-Bari 1982, pp. 233 e 242-244.

⁶⁴ Cfr. AS, p. 39.

⁶⁵ AS, p. 39. Su ciò, cfr. A. Hamilton, *Ernst Mach and the Elimination of Subjectivity*, «Ratio (New Series)», III, 2, 1990, pp. 117-135, in particolare pp. 123 sgg.; M. Sommer, *Das unrettbare Ich und die heitere Passivität des Ernst Mach*, in L. Guidetti, G. Mancuso (a cura di), *La metafisica del positivismo*, cit., pp. 149-159, in particolare pp. 153 sgg.

⁶⁶ Cfr. Th. Ribot, *Les maladies de la personnalité*, Alcan, Paris 1885.

ripetitivo, che si afferma in seguito alle azioni e alle relazioni che l'individuo intrattiene con gli altri⁶⁷. Se infatti – come nota Ribot richiamandosi di nuovo a Hume – pretendessimo di fissare la nostra identità con un atto riflessivo d'introspezione, non troveremmo che «fasci di percezioni»⁶⁸, la cui unità non è data da un effettivo sentimento dell'io, ma da uno schema astratto e ideale, «così come la pianta di una città riassume la città reale»⁶⁹. Dal momento che il vero io è quello che «sente, pensa e agisce senza esporsi alla sua propria vista»⁷⁰, la coscienza è solo un fenomeno indicativo, e non può mai porsi come uno «stato costitutivo» dell'identità. La tendenza a considerare la coscienza come la *causa* dell'identità dell'io, mentre essa ne è solo l'*effetto*, produce la conseguenza paradossale che, riscontrando l'incessante variazione e instabilità del corpo organico, si ricorre a una sorta di *entità immateriale* convivente con il corpo e deputata a garantire quella continuità che manca alle relazioni tra le sue parti materiali⁷¹. Tuttavia – conclude Ribot – non si capisce perché una simile entità non dovrebbe essere soggetta alle medesime variazioni che subisce il corpo e, dal momento che un siffatto raddoppiamento si rivela inutile, tanto vale assegnare l'unità al corpo stesso come una sua proprietà intrinseca, risalendo così, in una sorta di circolo vizioso, alle medesime condizioni iniziali da cui il problema dell'identità era sorto. In realtà, l'unica via d'uscita da un tale circolo consiste nell'accogliere il fatto che «altre persone, che mi hanno conosciuto fin dalla gioventù ma non hanno la mia autocoscienza, non possiedono il minimo dubbio riguardo alla mia identità, e ne sarebbero ugualmente certe anche se, trattandomi come il più grande bugiardo del mondo, non credessero a una parola della mia testimonianza soggettiva»⁷².

Le osservazioni di Ribot spingono Mach ad approfondire il rapporto tra “variazione” e “permanenza” che si dà nell'esperienza dei corpi esterni e dell'io. Posto infatti che «l'io è così poco persistente quanto i corpi» e che «ciò che noi temiamo nella morte, ossia l'annientamento della persistenza, interviene già in grande misura nella vita»⁷³, si tratta d'individuare il criterio che permette agli elementi di presentarsi da un lato come “complessi” e, dall'altro, come unità “semplici” in cui emerge «ciò che per noi ha maggior

⁶⁷ Cfr. *ivi*, pp. 87-88.

⁶⁸ Cfr. *ivi*, p. 91. D. Hume, *Trattato sulla natura umana*, cit., p. 220.

⁶⁹ Cfr. Th. Ribot, *Les maladies de la personnalité*, cit., p. 90.

⁷⁰ *Ibid.*

⁷¹ Cfr. *ivi*, p. 92.

⁷² *Ibid.*

⁷³ AS, p. 39.

valore»⁷⁴. Come abbiamo visto, un modo per osservare le variazioni dei corpi e dell'io è quello di disporli su una scala spazio-temporale in cui la considerazione di diverse lunghezze consente di stabilire la permanenza o il cambiamento. Ciò potrebbe indurre a credere – secondo le indicazioni della fisica meccanica – che allo spazio e al tempo debba essere attribuita una sorta di *realtà superiore* rispetto agli elementi sensibili⁷⁵, giungendo così a una reificazione delle relazioni che essi esprimono, sebbene di ordine diverso rispetto alle “cose” dell'esperienza. La difficoltà di una simile impostazione, oltre a implicare le medesime obiezioni che Mach aveva già svolto a proposito della materia corporea e delle sue “forze”, risiede nel fatto che per tali *oggetti temporali e spaziali* si proporrebbe di nuovo il problema della loro relazione con gli elementi sensibili. Se questi elementi sono reali, non c'è bisogno di ricorrere a un'altra realtà per spiegarli; se invece sono apparenze, allora il ricorso a una realtà ritenuta più vera non li spiega, ma descrive solo un *ulteriore fenomeno* in cui, in concomitanza alla vera realtà, si presenta un'apparenza sensibile, come quando diciamo che percepiamo i colori perché hanno luogo certe connessioni nervose. D'altra parte, per ovviare a tale inutile moltiplicazione dei livelli oggettuali, ognuno dei quali può di volta in volta essere dichiarato realtà o apparenza, si è spesso cercato – accogliendo il suggerimento kantiano – d'intendere lo spazio e il tempo come condizioni *soggettive* dei fenomeni sensibili. Tuttavia, se veramente si dessero simili condizioni, non solo la materia, ma anche la loro forma potrebbe essere ricavata solo dalle sensazioni e, per proiezione, tale forma sarebbe la stessa dei corpi esterni, con l'unico accorgimento di *dividere* il fenomeno in una parte psichica e in una fisica. Ma le ragioni di questa divisione non si potrebbero certo ricavare, come vuole Kant, dalla forma stessa.

Dato che la moltiplicazione dei livelli oggettuali non fa che aggiungere fenomeni ad altri, si tratta allora di comprendere come i fenomeni si costituiscono partendo dal modo in cui si presentano nella nostra esperienza. Spesso osserviamo complessi di elementi che ne modificano altri senza il nostro intervento, e persino contro la nostra volontà. Indichiamo pertanto tali complessi come *corpi esterni*, ognuno dei quali è l'unione di *A, B, C* (colori, suoni, forme spaziali, ecc.), caratterizzati dal fatto di essere indipendenti da noi. Ma talvolta anche il *nostro corpo* (*K, L, M*) subisce modificazioni dai corpi esterni senza il nostro intervento: esso è quindi una “parte” di (*A, B, C*) e, insieme a questo, costituisce il campo dei *corpi fisici* che, non

⁷⁴ *Ibid.*

⁷⁵ Cfr. AS, p. 42.

essendo proprio di nessuno in particolare, è comune a tutti⁷⁶. Ciò che è invece proprio di ciascuno, nel senso che appartiene a *uno solo*, è l'insieme degli *elementi psichici* (α, β, γ), caratterizzato dal fatto di avere una diretta ed esclusiva dipendenza dalla nostra coscienza. Tuttavia, da un altro punto di vista, anche il nostro corpo può essere ritenuto come appartenente esclusivamente a noi stessi. A volte, infatti, si indica come *io* l'insieme *psicofisico* ($\alpha, \beta, \gamma, K, L, M$), mentre altre volte l'io viene confinato all'insieme (α, β, γ), come unità psichica o "interiorità" *contrapposta* all'esteriorità corporea ($A, B, C \dots K, L, M$). Non solo, ma può anche capitare che molti mutamenti che intervengono nei nostri elementi psichici – con o senza la mediazione esplicita del nostro corpo – abbiano incidenza sui corpi esterni: un dado appare più grande se è vicino, ma più piccolo se è lontano. Se chiudiamo gli occhi, il dado scompare; se però, con gli occhi chiusi, lo rileviamo attraverso uno strumento esterno o con il tatto, esso riappare. Infine, cambiando l'ambiente fisico, scompaiono anche alcuni elementi psichici che, in prima istanza, avevamo considerato propri e dipendenti solo dall'io⁷⁷.

Nell'*insieme dei fenomeni*, dunque, i rapporti di dipendenza o indipendenza, così come di condizione e condizionato, sono sempre *equivoci*; per renderli univoci, dobbiamo sceglierne uno come base e far *dipendere* da esso gli altri come sue conseguenze. Ma anche in questo caso esistono diverse possibilità di configurare tali dipendenze e, a seconda di come s'intende l'elemento e il suo insieme di appartenenza, possono sorgere dipendenze *metafisiche* o puramente *relazionali*. Così, ad esempio, il materialismo fisico e lo spiritualismo idealistico intendono la dipendenza come un rapporto metafisico d'*inclusione* tra insiemi di elementi ontologicamente separati; la loro differenza consiste solo nello scambio tra le "variabili" e gli "argomenti" (corrispondenti agli oggetti) a cui si attribuisce, volta per volta, il ruolo di fondamento o di conseguenza (Fig. 1)⁷⁸:

⁷⁶ Cfr. *ibid.*

⁷⁷ Cfr. AS, p. 43. Si vedano, a tal riguardo, le corrette osservazioni sulle "designazioni" degli elementi di Mach in R. von Mises, *Kleines Lehrbuch des Positivismus. Einführung in die empiristische Wissenschaftsauffassung*, W.P. van Stockum/University of Chicago, Den Haag-Chicago 1939, trad. it. di V. Villa, *Manuale di critica scientifica e filosofica*, Longanesi, Milano 1950, pp. 112 sgg.; S. Guli, *Elementi, sensazioni e connessioni funzionali. La filosofia naturale di Ernst Mach*, Unicopli, Milano 2007, pp. 75-79; W. Leinfellner, *Physiologie und Psychologie – Ernst Machs "Analyse der Empfindungen"*, in R. Haller & F. Stadler (hrsg. von), *Ernst Mach – Werk und Wirkung*, cit., pp. 113-137, in particolare pp. 124-129.

⁷⁸ Cfr. AS, p. 77.

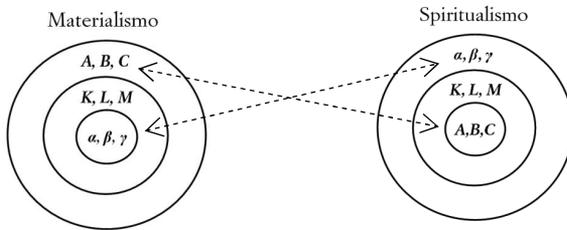


Fig. 1

Se si prescinde dalle assunzioni di principio che caratterizzano tali dottrine metafisiche, dal punto di vista logico-formale i rapporti che esse descrivono non sono scorretti. Infatti, non vi è alcuna difficoltà nel pensare il campo psichico come *incluso* in quello fisico o viceversa, dal momento che, essendo il fenomeno empirico sempre *lo stesso*, esso può essere decifrato da due o più lati. L'errore si trova invece nella confusione tra l'*inclusione*, che implica un rapporto tra insiemi già strutturati, e l'*appartenenza*, che comporta invece un rapporto di derivazione tra gli elementi propri di un insieme e i *diversi* elementi propri degli altri insiemi. In altri termini, se per l'inclusione vale sempre la proprietà *transitiva*, lo stesso non può dirsi per l'appartenenza, poiché un elemento come parte di un certo campo incluso in un altro può senza dubbio *non* essere parte di quest'ultimo. Ciò dipende dal fatto che non sempre un insieme ha le stesse proprietà delle sue parti, poiché un campo relazionale di corpi sarebbe a sua volta, in ogni occasione e per ogni rispetto, un corpo. Così, ad esempio, il campo fisico dei corpi in generale ha certamente come parte il campo fisico del *mio* corpo (che funge dunque da suo "elemento"), ma non possiede come sua parte propria l'elemento psichico. Se si desse questa possibilità, sarebbe allora legittima ogni *riduzione fiscalistica* dei fenomeni psichici, dal momento che questi, per definizione, avrebbero le stesse proprietà dei fenomeni fisici. E in tale riduzione, l'elemento psichico non sarebbe in verità qualcosa che viene "tradotto" o "ridotto" in termini fisici, ma semplicemente un ulteriore elemento fisico aggiunto agli altri⁷⁹.

⁷⁹ La mancata comprensione di queste relazioni ha indotto alcuni interpreti della concezione machiana degli elementi a sostenere che essa debba senza dubbio collocarsi all'interno delle cosiddette "filosofie dell'immanenza" (Schuppe, Schubert-Soldern, ecc.). Si veda, ad esempio, M. Schlick, *Allgemeine Erkenntnislehre*, Springer, Berlin 1918, trad. it. di E. Palombi, *Teoria generale della conoscenza*, Franco Angeli, Milano 1986, pp. 223 sgg. Ma a parte l'opportunità di qualificare tali filosofie come aderenti a un ingenuo immanentismo, per Mach l'imma-

In questo senso, anche nei confronti dei rapporti di derivazione, che riguardano insieme di elementi inclusi l'uno nell'altro, Mach riproduce il medesimo argomento che aveva svolto a proposito della "riduzione" della termodinamica alla meccanica statistica. Poiché le leggi della termodinamica includono la variabile temperatura che non compare nelle leggi della meccanica (le quali trattano solo di lunghezze, masse e tempi), dev'essere presupposta una definizione *sinonimica* tra proprietà macroscopiche e microscopiche, sicché tutta la termodinamica conterrebbe già, *a priori*, gli stessi concetti della meccanica. Ciò significa che, in tale contesto, il significato di "temperatura" viene fin dall'inizio identificato con quello di "energia cinetica", mentre nel contesto empirico-fenomenologico tale termine viene ricavato solo in senso *operazionale*, cioè attraverso le misurazioni con termometri. Per quanto riguarda i rapporti di dipendenza tra ambito fisico e ambito psichico, deve pertanto risultare evidente che tale dipendenza risulterebbe un'autentica *derivazione ontologica* solo se, nell'insieme derivato, comparissero elementi o concetti che sono presenti nelle premesse assunte come "principi". Ma ciò equivale a dire che non esistono elementi o concetti primitivi ("fenomenici") caratteristici del campo derivato, contraddicendo così l'esperienza che invece ci testimonia una tale diversità.

Questa critica alla confusione tra *inclusione* (dipendenza) e *derivazione* (appartenenza) chiarisce perché, anche nel campo delle sensazioni, la posizione di Mach non possa essere qualificata come un "monismo neutrale"⁸⁰.

nenza coscienzialistica non è che la funzione inversa della trascendenza fiscalistica, con l'aggravante che, in tale inversione, i termini relazionati non sono fenomeni, ma principi metafisici, cioè la "coscienza" con i suoi stati interni e il "mondo fisico" esterno.

⁸⁰ La locuzione "monismo neutrale", volta a indicare le teorie di Mach e William James, fu coniata nel 1913 da Bertrand Russell che la utilizzò a tale scopo in una serie di articoli apparsi in «The Monist». Cfr., a tal riguardo, B. Russell, *Theory of Knowledge. The 1913 Manuscript*, ed. by E.R. Eames, Routledge, London and New York 1992, pp. 15 sgg. Su ciò si vedano anche H. Kleinpeter, *On the Monism of Professor Mach*, «The Monist», 16/2, 1906, pp. 161-168; M. Bhat-tacharya, *Ernst Mach: Neutral Monism*, «Studi Internazionali di Filosofia», 4, 1972, pp. 145-182; E.C. Banks, *The Realistic Empiricism of Mach, James, and Russell. Neutral Monism Reconciled*, Cambridge University Press, Cambridge 2014, pp. 31 sgg.; Id., *The Case for Mach's Neutral Monism*, in P. Gori (a cura di), *Ernst Mach tra scienza e filosofia*, cit., pp. 77-100; J. Preston, *Phenomenalism, or Neutral Monism*, in *Mach's Analysis of Sensations?* in J. Preston (ed. by), *Interpreting Mach: Critical Essays*, cit., pp. 235-257. L'impiego di tale termine si fonda su un passo del penultimo capitolo dell'*Analisi delle sensazioni*, nel quale Mach dichiara che «se risolviamo l'intero mondo materiale in elementi che sono al tempo stesso anche elementi del mondo psichico [...], se inoltre consideriamo compito unico della scienza lo studio del legame, della connessione, della dipendenza reciproca di questi elementi affini di tutti i campi, potremo attenderci di fondare su questa rappresentazione un edificio unitario, monistico, e di liberarci dell'infausto e fuorviante dualismo» (AS, pp. 271-272). Il termine "monistico" non è dunque riservato a un principio

Infatti, non esiste un *unico* campo che “muta” i propri caratteri “apparendo” nell’altro campo. «Ma dov’è allora» – nota Mach concludendo la discussione sull’identità – «il *medesimo* corpo, se esso ci appare così *diverso*? Tutto ciò che possiamo dire è che diversi A, B, C , sono *legati* a diversi K, L, M (e α, β, γ)»⁸¹. Ogni campo rimane dunque lo stesso, ma è sempre connesso ad altri, sicché l’elemento assume un significato a seconda del campo in cui si trova e del tipo di connessione. Non abbiamo la possibilità di fissare preliminarmente un’identità “essenziale” del fenomeno e di aspettarci che essa si mantenga tale *variando* le connessioni, così come non possiamo aspettarci, da una *medesima* connessione, diversi modi di apparire del fenomeno. Se $(A, B, C) = f(K, L, M, \alpha, \beta, \gamma)$, ci sarà sempre una funzione inversa (f') tale che $(K, L, M, \alpha, \beta, \gamma) = f'(A, B, C)$ ⁸². Dove notiamo fenomeni diversi dello stesso oggetto, cambia il campo oppure la relazione; se cambiano entrambi, non si tratta più dello stesso oggetto, anche se abbiamo sempre la possibilità d’inserirlo in nuove relazioni e di toglierlo così dalla sua separazione.

Per chiarire tale situazione, Mach raffigura un uomo in una stanza, sdraiato su un divano, che guarda con un occhio verso il fondo del suo corpo⁸³: quest’uomo vede solo *una parte* del suo corpo, così come percepisce solo *alcuni* oggetti della stanza. Tuttavia, il resto del corpo e gli altri oggetti della stanza non scompaiono, anche se non dovessero mai presentarsi alla sua sensibilità o se questa avesse limiti fisiologici invalicabili. Infatti, anche l’assenza percettiva o la presenza di dati sensibili diversi e non congruenti rispetto a ciò che – fisicamente o materialmente – si definisce “reale” s’inserisce in una compagine relazionale, così come una funzione può avere un valore negativo, o persino nessun valore. Nello scritto *Sulla dipendenza reciproca dei luoghi della retina*, che precede di alcuni anni le indagini svolte nelle *Analisi delle sensazioni*, Mach osserva che «l’espressione “inganno dei sensi” dimostra che non siamo ancora pervenuti alla piena coscienza del fatto che *i sensi non danno né indicazioni sbagliate né giuste*»⁸⁴. Infatti, così come i sensi possono dare l’impressione di ingannarci per il solo fatto che,

originario o “neutrale”, ma a una *struttura*, cioè a un complesso di relazioni. In un complesso relazionale, l’affinità od omogeneità si ricava tramite il metodo comparativo, cioè da un’analogia di proporzionalità, non da un’analogia attributiva (cfr., a tal riguardo, L. Guidetti, *Il problema dell’analogia in Ernst Mach*, in P. Gori (a cura di), *Ernst Mach tra scienza e filosofia*, cit., pp. 53-75, in particolare pp. 59 sgg.).

⁸¹ AS, p. 43.

⁸² Cfr. AS, pp. 47, 51.

⁸³ Cfr. AS, p. 50.

⁸⁴ E. Mach, *Über die Abhängigkeit der Netzhautstellen von einander*, «Vierteljahrsschrift für Psychiatrie», 2, Heft 1, 1868, pp. 38-51, in particolare p. 38; AS, p. 43 nota.

nelle *medesime* circostanze, essi sembrano evocare sensazioni e percezioni *diverse*, allo stesso modo potremmo parlare di “inganni dei corpi fisici”, in quanto un oggetto della stanza può apparire caldo o freddo se viene confrontato con un altro oggetto in essa presente, ad esempio con un termometro il cui stato e la cui capacità di misurazione è più o meno adeguata rispetto a un termometro elevato a *parametro*. Di certo, quest’ultimo non svolge più la funzione di corpo fisico, ma di criterio relazionale e può dunque essere considerato come un *corpo ideale*, al pari del metro-campione per le lunghezze. Nonostante ciò, abbiamo sempre la possibilità di mettere a parametro il termometro meno preciso o la percezione illusoria: in tal caso le variabili che definiscono la verità e l’illusione si scambiano semplicemente tra loro. In realtà, l’unica cosa giusta che si possa dire degli organi di senso è che «*in circostanze diverse, essi evocano sensazioni e percezioni diverse*»⁸⁵. In altri termini, l’“inganno” dei sensi – che si realizza non solo negli stati di veglia, ma anche nelle condizioni di affievolimento della coscienza, come nel sonno e nel sogno – non è una proprietà dei sensi, ma delle nostre confuse *aspettative* rispetto ad essi, cioè del fatto di «attenderci ciò che è abituale in casi che, invece, non ci sono abituali»⁸⁶, così come, *di solito*, un termometro malfunzionante non viene eletto a criterio della misurazione della temperatura.

Una volta messa a nudo la falsa opposizione tra apparenza e realtà – che «ha solo un senso *pratico*, ma nessun senso scientifico»⁸⁷ –, anche le sensazioni acquistano una loro dignità ontologica, al pari dei corpi fisici o delle “essenze” spirituali; esse sono infatti semplici o complesse come questi ultimi. Un bastone immerso nell’acqua si mostra *spezzato* alla vista, ma se scorriamo su di esso la mano, ci accorgiamo che è *diritto*⁸⁸. Il primo ci sembra apparente, il secondo reale: assumiamo dunque come variabili indipendenti gli elementi del campo geometrico-tattile e come variabili dipendenti quelli del campo ottico-visivo. *All’interno dello stesso campo psichico* si riproduce così la medesima articolazione tra l’elemento e le circostanze che vale per gli altri campi, cioè: $(\alpha, \beta, \gamma) = f(\delta, \varepsilon, \zeta)$. Se associamo gli elementi tramite una funzione, ponendoli nella relazione R , possiamo allora dire che essi *appartengono* alla relazione come il loro *insieme-prodotto*: $(\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon, \zeta) \in R$. Come accade in ogni prodotto logico, non è detto che tale insieme d’intersezione contenga tutti gli elementi del primo e del secondo. Si tratta

⁸⁵ *Ibid.*

⁸⁶ AS, p. 44.

⁸⁷ *Ibid.*

⁸⁸ Cfr. AS, p. 43.

anzi solo di un caso-limite che, nell'esperienza, non è certo il più frequente, ma ciò non compromette lo schema di fondo.

Non esistono dunque solo insiemi di elementi come termini relazionali, ma anche *insiemi di relazioni* che, nei rispettivi campi, hanno tanta realtà quanto gli elementi che fungono da loro termini⁸⁹. È su queste basi che Mach può sostenere che spazio e tempo sono “sensazioni”, indipendentemente dal riscontro “oggettivo” che ogni senso trova nel sensibile proprio o nel sensibile comune e rispetto a cui, nella tradizione, il tatto e la vista hanno assunto un ruolo privilegiato⁹⁰. D'altra parte, una volta che si cambi il campo di riferimento, anche spazio e tempo perdono il loro carattere sensibile e possono essere considerati come relazioni dotate di una realtà eminentemente *fisica*. È questo il caso dell'*accelerazione* che – come abbiamo visto – rappresenta il fenomeno fisico nel quale possono risolversi le masse e le forze quando si prescinda da ogni assunzione di principio.

2.3. *Le qualità sensibili e la costituzione dell'io*

A conclusione della sua disamina intorno alla distinzione *psichica* tra apparenza e realtà – mentre nella *Meccanica* ne era stata evidenziata la genesi *fisica* –, Mach introduce un tema che svilupperà nei capitoli successivi dell'*Analisi delle sensazioni* e che si rivela utile a superare ogni dicotomia tra atto e contenuto delle sensazioni: si tratta della mediazione *fisiologica* delle qualità sensibili, che prelude alla costituzione *dinamica* della continuità dell'io e degli oggetti.

L'assetto relazionale che lega il campo psichico a quello fisico, così com'è stato appena descritto, fornisce solo una configurazione *statica* delle relazioni. In questa prospettiva, anche l'aspetto *pratico*, che permette di distinguere gli elementi e la loro appartenenza ai diversi campi, appare come un fattore esterno, motivato dalla sua rilevanza e utilità per i bisogni della vita, secondo uno sviluppo storico e contingente. È per tale ragione che possiamo sostenere che, allo stesso modo dei corpi fisici, «l'io non è delimitato nettamente, il suo confine è anzi abbastanza indeterminato e spostabile ad arbitrio»⁹¹. In questo carattere “provvisorio” dell'io, di cui Mach si serve

⁸⁹ Sul carattere di “realtà” delle relazioni, in quanto distinte da mere determinazioni concettuali o prodotti dell'immaginazione, si veda anche B. Bolzano, *Wissenschaftslehre. Versuch einer ausführlichen und größtenteils neuen Darstellung der Logik mit steter Rücksicht auf deren bisherige Bearbeiter*, in der J.E. von Seidelschen Buchhandlung, Sulzbach, 1837, Bd. I, § 80; E. Casari, *Bolzano's Logical System*, Oxford University Press, Oxford 2016, p. 17.

⁹⁰ Cfr. AS, p. 42.

⁹¹ AS, p. 45.

per decretare la «non salvabilità» dell'unità individuale della coscienza⁹², si è spesso voluto cogliere, insieme all'omologa designazione dei corpi come «simboli mentali per indicare complessi di elementi»⁹³, il manifesto di un *relativismo fenomenistico* che, in ultima istanza, finirebbe per autosopprimer-si, in quanto si oppone al costante richiamo alla molteplicità dell'esperienza che pervade tutta l'opera machiana. Se veramente ci si volesse attenere ai fenomeni, anche la percezione di sé e della propria continuità sarebbe allora un fenomeno, e non avrebbe senso assegnare alle apparenze un carattere di realtà se poi tale carattere viene vanificato dalle relazioni funzionali che sottostanno, in modo onnipervadente, ad ogni esperienza, pretendendo di “giustificarne” la comparsa. Quest'obiezione, secondo cui le “teorie” di Mach non si muoverebbero in una prospettiva autenticamente genetico-costitutiva, ma sarebbero solo *ricostruttive*, in quanto si avvalgono di un relazionismo metafisico di tipo “matematico” che si pone come premessa trascendentale sottaciuta al suo fenomenismo, non tiene però conto del fatto che, fin dall'inizio della sua indagine sulle sensazioni, Mach cerca nei *fattori interni alle qualità sensibili* quelle strutture che rendono possibile l'unificazione degli elementi e che nessuna configurazione meramente matematico-formale può esaurire in sé.

Se fissiamo la nostra attenzione sul corpo organico, che appartiene sia al mondo esterno sia all'io, esso si presenta come l'unione di due insiemi che, nei loro contenuti, non hanno nulla in comune. Ciò dipende dal fatto che la forma relazionale non può decidere gli *argomenti* che stanno al posto delle variabili. Attenendoci ad essa, possiamo cogliere il nostro corpo (K, L, M) o dal lato fisico (A, B, C) o da quello psichico (α, β, γ), ma non da entrambi i lati contemporaneamente. Quindi, dal punto di vista relazionale, il loro prodotto non dà mai vita a un autentico campo d'intersezione, cioè a un prodotto logico o congiuntivo, ma solo a una somma logica, ossia a un insieme disgiuntivo. Come Mach aveva già evidenziato studiando i fenomeni fisico-meccanici del calore, le equazioni in cui si esprimono le dipendenze funzionali sono sempre reversibili, e lo stesso avviene per le dipendenze che regolano i rapporti tra fisico e psichico. Tale reversibilità si può esprimere – secondo la notazione successivamente introdotta da Carnap – con una doppia “figura di freccia” (\rightleftarrows), ma si tratta sempre di una raffigurazione cinematica, non dinamica. Infatti, la “coesistenza” che in essa viene rappresentata riguarda solo determinati *cambiamenti di stato*, i quali non possono essere confusi con i *processi effettivi* che portano ad essi. Se la forma della re-

⁹² Cfr. AS, p. 54,

⁹³ AS, p. 57.

versibilità funzionale viene tradotta in uno schema spazio-temporale – ad esempio, mediante un piano di coordinate – è ovvio che a un punto nello spazio debba corrispondere un istante temporale, il quale si presenta come un ulteriore punto spaziale del piano. L'indebita "riduzione" del fenomeno che ha luogo in un tale schema non riguarda solo la "spazializzazione" del tempo, ma soprattutto il fatto che, in questo modo, non si spiega nemmeno l'effettiva *esperienza dello spazio* legata al fenomeno della visione, poiché essa viene ricondotta a strutture ottico-geometriche di tipo omogeneo e simmetrico, che sono solo casi particolari e nient'affatto comuni dell'esperienza visiva.

D'altra parte, ciò era risultato evidente nelle stesse *equazioni di stato* dell'entropia, che avevano permesso a Boltzmann d'intendere le successioni dei movimenti meccanici delle particelle come perfettamente reversibili, in modo conforme alle leggi probabilistiche. Da tutto questo Mach ricava che se ci limitassimo a concepire le relazioni di dipendenza come coesistenza o come successione di "stati" alternativi, non vi sarebbe modo di distinguere le *sensazioni* di spazio e di tempo dai *concetti* spaziali e temporali che si danno in ambito fisico, poiché non si tratterebbe più di relazioni tra diversi ambiti, ma di un unico ambito "formale" che può essere indifferentemente indicato come psichico o come fisico. Così come la descrizione cinematica del cambiamento di stato termico di un corpo da caldo a freddo non può render conto del *processo* di raffreddamento, allo stesso modo la descrizione del rapporto tra un corpo fisico luminoso e la sensazione di luce non può spiegare il processo della visione, e ciò vale anche per le altre qualità sensibili. Per accedere al senso *dinamico* della relazione, occorre dunque che l'oggetto fisico "entri" nel campo sensibile, ovvero che – per così dire – esso «passi attraverso la nostra pelle»⁹⁴, senza però comportare un'effettiva fusione tra i due campi. In altri termini, si tratta d'introdurre nella struttura relazionale una componente *dinamica*, evitando sia l'*introiezione* che, procedendo dall'esterno verso l'interno, dà vita alla "somatizzazione", sia la corrispondente *extraiezione* che, procedendo dall'interno verso l'esterno, si traduce invece nella "proiezione" dell'oggetto fisico in forma d'immagine o rappresentazione⁹⁵.

È a questo punto che la *fisiologia dei sensi* rivela il suo pieno significato come strumento d'indagine in grado d'indicare il «luogo di contatto tra

⁹⁴ AS, p. 49.

⁹⁵ Cfr. AS, pp. 55 nota e 74-77. Per la critica all'"introiezione", cfr. R. Avenarius, *Der menschliche Weltbegriff*, Reissland, Leipzig 1891, 1905², trad. it. di C. Russo Krauss, *Il concetto umano di mondo*, Morcelliana, Brescia 2015, pp. 111 sgg.

l'osservazione psicologica e quella fisica»⁹⁶. A tal riguardo, Mach osserva che la proprietà fondamentale delle qualità sensibili non risiede in una certa "disposizione", sia essa generica o specifica, dell'organo di senso, ma nell'attuazione di tale disposizione in relazione all'oggetto che viene fenomenicamente vissuto come un "ostacolo" o un correlato reale nella *propriocezione*, ossia nel *contatto* del nostro sistema nervoso con il suo ambiente corporeo. Riprendendo alcune osservazioni svolte nello stesso periodo da Richard Avenarius e Carl Hauptmann⁹⁷, Mach nota come questo fenomeno dinamico, irriducibile a un semplice schematismo spaziale, sia all'origine della stessa nozione di *causalità*, la quale non si potrebbe mai ricavare da una semplice sequenza di "trasferimento" dell'oggetto dal mondo fisico al mondo psichico. Infatti, nessuno stato, nella successione del *contatto* con il mondo esterno per propagazione attraverso le fibre nervose, può trasformare un elemento esterno in uno interno. Muovendosi nello spazio corporeo mediante l'attivazione di *processi fisiologici*, i sensi trovano già i loro oggetti come correlati del mondo, senza bisogno di chiedersi se essi siano realmente cose fisiche o soltanto apparenze psichiche. Infatti, le cose fisiche sono fenomeni tanto quanto le apparenze; ciò che li distingue è il processo che le costituisce e che assegna ad esse un certo senso di realtà o d'irrealtà nella dinamica del contatto tra il corpo proprio e il mondo.

Non riscontrando alcuna frattura tra il dato fenomenico e quello fisiologico, Mach intende rispondere sia alla questione della soggettivazione del mondo, tipica delle posizioni solipsistiche e idealistiche, sia al problema dell'oggettivazione della coscienza, che invece caratterizza le posizioni realistiche e materialistiche. Il fatto che l'io abbia confini variabili, non significa che essi si confondano, cioè che non esistano criteri per fissare, di volta in volta, tali confini. Quando ci atteniamo a ciò che è dato immediatamente a un *solo* individuo, ci troviamo entro confini dell'io nel senso più stretto del termine⁹⁸. Si tratta del mondo psichico originario e direttamente vissuto, ma esso non comporta ancora l'*unità* dell'io o della coscienza come fenomeno, cioè l'assegnazione all'io dei molteplici stati di coscienza. A tale scopo, occorre evidenziare la *relazione all'oggetto* del dato immediato, la quale non può essere soddisfatta solo dalla dimensione psichica, ma dev'essere integrata nella corporeità fisiologica tramite l'interazione *proprioceettiva* e *cine-*

⁹⁶ AS, pp. 109 e 62.

⁹⁷ Cfr. AS, p. 56. Su ciò, si vedano R. Avenarius, *Kritik der reinen Erfahrung*, 2 Bde. (1888-1890), zweite, verbesserte Auflage, Reissland, Leipzig 1907-1908; trad. it. parziale a cura di A. Verdino, *Critica dell'esperienza pura*, Bari, Laterza, 1972, pp. 32 sgg.; C. Hauptmann, *Die Metaphysik in der modernen Physiologie. Eine kritische Untersuchung*, Fischer, Jena 1894, pp. 317 sgg.

⁹⁸ Cfr. CE, p. 8.

stetico col mondo esterno. D'altra parte, quest'io psichico-corporeo, così ampliato, è anche un *organismo*, cioè una cosa fisica in modo simile alle altre cose del mondo esterno e agli organismi degli altri esseri viventi. L'errore del solipsismo consiste nel credere che, siccome i confini tra io e oggetto sono ora *interni* al campo psichico-corporeo dell'io, essi possano anche essere *tolti* assieme ai correlati fisici, introiettando così la stessa esteriorità del mondo. In realtà, il confine che separa l'io in senso stretto dall'oggetto che si presenta nella dinamica fisiologica, continua a *circondare* il campo psichico ma, quando quest'ultimo viene colto nella sua integrazione con il corpo, esso *attraversa* l'io ampliato⁹⁹. Il solipsismo trae così origine dallo scambio tra i diversi sensi del fenomeno o, meglio, dall'intendere come fenomeno solo ciò che si dà nel vissuto psichico originario, mentre il resto sarebbe solo una cosa fisica, ossia un ente per principio inaccessibile ad ogni vissuto di coscienza. È in tal modo evidente che l'unica possibilità di dare un significato alla cosa fisica sia ridurla all'ambito psichico, il quale, togliendo ogni differenza con l'oggetto, s'impone come l'unica e legittima ontologia della realtà. In tale prospettiva, l'oggettivismo materialistico consiste solo nella sostituzione dell'io in senso stretto con la materia e, in particolare, con il *cervello* o il sistema nervoso centrale, in quanto strutture fisiche da cui si può ricavare tutto ciò che è psichico¹⁰⁰.

Tuttavia, all'obiezione di Mach, secondo cui l'io ampliato «contiene già il riconoscimento del mondo e degli io estranei»¹⁰¹, e proprio in virtù di tale differenza si è potuta acquisire la posizione solipsistica, si potrebbe ribattere che ciò riguarda esclusivamente l'ampliamento dei confini fisico-fisiologici, mentre le sensazioni, e in generale tutti gli "stati interni", sono vissuti *nell'originale* solo dall'io in senso stretto. In altri termini, l'ambito *psichico* dell'io non è toccato né dall'interazione fisica, né dalla dinamica fisiologica, che si occupa solo dei processi corporei di *funzionamento* dei dati sensibili. Infatti, se fosse vero che l'io psichico, come parte organica o come funzione, è contenuto nell'io fisiologico, si porrebbe il problema della sua "localizzazione" – non importa se riferita a un organo centrale o al corpo intero –, finendo così di nuovo per risolvere lo psichico nel fisico e togliendo alla dinamica fisiologica quell'equidistanza dall'enigmatica "relazione psicofisica" che Mach sembrava volerle aggiudicare con la nozione di "io ampliato".

⁹⁹ Cfr. CE, pp. 10-11.

¹⁰⁰ Cfr. AS, p. 55.

¹⁰¹ CE, p. 11.

Alla base di quest'osservazione, legata alla "naturalizzazione dello psichico" e al fatto che anche la psicologia di Mach s'inserirebbe nel quadro della sua "filosofia naturale"¹⁰², si trovano due assunzioni la cui origine va ricercata da un lato nella nozione di spazio come *quantità estensiva*, tipica della geometria euclidea e cartesiana, e, dall'altro, nell'*Estetica trascendentale* kantiana, che indica nello spazio la condizione pura a priori di ogni *sensu esterno*, mentre il *sensu interno*, sede del mondo psichico, non avrebbe a suo fondamento alcuna spazialità, ma solo la dimensione temporale¹⁰³. Ora, il fatto che lo spazio sia una quantità estensiva dipende – secondo il modo tradizionale d'intendere l'"estensione" – dalla sua dimensione *metrica*, cioè dai criteri di misurazione di angoli e distanze assunti in base alle connessioni che si stabiliscono tra gli elementi (punto, retta, piano) di una certa geometria. Queste misurazioni sono regolate dalle definizioni *numeriche* delle coordinate, per cui la "vicinanza" e la "lontananza" di un elemento geometrico dall'altro dipendono dall'insieme dei numeri che viene adottato e dalle operazioni che si possono svolgere su di essi, e in particolare dalla somma e dalla sottrazione che indicano *quantità di spazio* maggiori o minori. Ma proprio perché regolata dai numeri, che stanno per i *valori* di una relazione tra enti geometrici, la metrizzazione è solo un caso particolare d'interpretazione e di applicazione della nozione più generale di spazio, e precisamente è quell'applicazione che si rivela utile alla misurazione quantitativa di grandezze fisiche come lunghezze, superfici o volumi. Il problema non riguarda dunque la nozione di quantità, che, come aveva già osservato Kant, può anche essere intesa in senso *intensivo* secondo la modulazione graduale da un massimo a un minimo, ma l'*estensione*, la quale viene preventivamente vincolata a un valore numerico – discreto o continuo (differenziale) – della misurazione¹⁰⁴.

Come Mach aveva evidenziato nell'analisi dei fenomeni fisico-meccanici, non è detto che le relazioni aritmetiche tra i numeri, espressioni delle quantità (designate come "grandezze scalari"), rispecchino le relazioni tra gli stati spaziali di un corpo fisico. Ciò non avviene, ad esempio, per la misurazione della temperatura tramite termometri, poiché – come abbiamo visto – tale misurazione ha un senso *operazionale*, non metrico¹⁰⁵. Infatti, l'oggetto "termometro" assume una caratterizzazione metrica solo *dopo* che le variazioni di temperatura, corrispondenti al caldo e al freddo, siano state *sensi-*

¹⁰² Cfr., a tal riguardo, M. Čapek, *Ernst Mach's Biological Theory of Knowledge*, «Synthese», 18, 1968, pp. 171-191, in particolare pp. 188 sgg.

¹⁰³ Cfr. I. Kant, *Critica della ragione pura*, cit., B 50-51, pp. 134-136.

¹⁰⁴ Cfr. CE, pp. 315 e 327-329.

¹⁰⁵ Cfr. PDW, pp. 57 sgg.

bilmente accertate e fatte corrispondere a determinati valori numerici indicati sullo strumento di misurazione. Si noti che ciò non è contraddetto dalla possibilità di fissare la temperatura indipendentemente dall'impiego delle sensazioni che ne stanno a fondamento, come ad esempio accade per le "temperature cinetiche", che misurano le quantità e gli urti *meccanici* tra particelle in movimento per unità di volume. È infatti sempre possibile, mediante certe leggi o *misurazioni derivate*, tradurre le grandezze non-scalari in grandezze quantitative e scalari, ma ciò non significa che l'estensione "reale" sia attribuibile solo a queste ultime, mentre le prime sarebbero non estese e non spaziali, vale a dire "soggettive". Non solo, dunque, nello spazio sensibile (nella "sensazione di spazio"), ma anche nello spazio fisico si presenta un senso dell'estensione che non corrisponde all'estensione metrica (geometrico-quantitativa). Anziché dipendere dalla "quantità" di spazio, l'estensione può infatti riferirsi ai *confini* dell'insieme spaziale che viene preso in considerazione. In questo caso, non si tratta di uno spazio geometrico, ma *topico-relazionale*, ovvero di un "campo" che ha anch'esso i suoi "luoghi", le sue "posizioni", le sue "prossimità" e "distanze". Sebbene, in linea di principio, non sia «più difficile comprendere una connessione complessa del contenuto della coscienza di quanto lo sia comprendere una connessione complessa del mondo»¹⁰⁶, è evidente come, dal punto di vista genetico, solo *l'esperienza dello spazio* che, per contrasto, potremmo definire come un'estensione *qualitativa*, sia a fondamento della spazialità che si ritrova a livello fisico¹⁰⁷. Ma ciò significa allora che, se si evita di separare l'interno dall'esterno in base a criteri che non sono *topici*, ma solo numerici e quantitativi, anche il "senso interno" avrà una sua estensione e spazialità.

A tal riguardo, si deve tuttavia osservare che Mach non intende sostenere l'impossibilità di una "metrizzazione" dell'esperienza spaziale (cioè dello spazio fenomenico in senso stretto) in base al fatto che questo spazio qualitativo sarebbe irriducibile a una quantificazione. Infatti, così come può darsi un'estensione topico-qualitativa dello spazio fisico nell'*operazione* di misurazione, allo stesso modo possiamo cogliere, per converso, lo spazio fenomenico secondo criteri quantitativi, in una forma non dissimile dalla determinazione dell'*oggetto* termometrico che serve per misurare una certa temperatura. Il problema sorge quando si cerca di stabilire una corrispondenza – sia essa metrica o topica – tra lo spazio corporeo-psichico (fenomenico) e quello fisico-geometrico, pretendendo che, seppur con le dovute proporzioni, le "dimensioni" delle misure e le "posizioni" dei luoghi siano

¹⁰⁶ AS, p. 56.

¹⁰⁷ Cfr. CE, p. 316.

esattamente rispettate nella relazione tra i due campi. Tali osservazioni valgono anche per la caratterizzazione dinamica del *contatto fisiologico* tra il corpo proprio e il mondo esterno. Così come si dà una fisiologia del corpo organico, esiste anche una fisiologia dello spazio fisico esterno, ad esempio mediante notazioni vettoriali o tensoriali. Ma noi sappiamo che un'accelerazione è una "spinta" o un'"attrazione" solo rapportandola agli *effetti* che percepiamo a partire dal nostro corpo e, similmente, che il movimento è un *processo*, e non un semplice cambiamento di stato, solo se lo poniamo in relazione all'ordine della successione cinestetica e delle modificazioni corpo-reo-psichiche che avvertiamo. Anche queste possono essere "misurate", ma si tratta, appunto, di misurazioni derivate, non originarie¹⁰⁸.

D'altra parte, il corpo che giudichiamo come "nostro", non è il corpo *dell'io*, ma solo il suo *contenuto*, «vissuto, preparato e assicurato dalla *continuità*»¹⁰⁹. Riprendendo alcune osservazioni svolte dal biologo August Weismann riguardo all'immortalità corporea, secondo cui «l'identità della persona vivente non è determinata dall'identità della materia, ma dalla *continuità* del corpo vivente»¹¹⁰, Mach sottolinea che il contenuto dell'io, sia per quanto riguarda la costituzione materiale, sia dal lato della coscienza, «non è circoscritto all'individuo, ma, dopo la sua morte, rimane conservato in *altri* individui»¹¹¹. Gli elementi che costituiscono la coscienza di *un* individuo sono strettamente interdipendenti, mentre presentano una connessione debole con quelli di un *altro* individuo. Perciò – conclude Mach – «ognuno pensa di conoscere solo se stesso, considerandosi come un'*unità* inscindibile e indipendente dalle altre. Tuttavia, i contenuti della coscienza di significato più generale spezzano questi limiti e continuano a condurre una vita *impersonale, sovraperonale*, naturalmente legati di nuovo a individui, ma in modo indipendente dalla persona dalla quale sono stati sviluppati»¹¹².

Per dare riscontro alla struttura topico-dinamica, cioè non atomistica né individuale, in cui si costituiscono le relazioni di continuità tra l'io e gli oggetti, Mach utilizza le indagini svolte a tal riguardo alcuni anni prima da

¹⁰⁸ Sul concetto di "misurazione derivata", cfr. A. Pap, *Introduzione alla filosofia della scienza*, cit., pp. 194 sgg.; E. Nagel, *On the Logic of Measurement*, Columbia University Ph.D. Thesis, New York 1930; H. Weyl, *Philosophy of Mathematics and Natural Science*, Princeton University Press, Princeton (NJ) 1949, trad. it. di A. Caracciolo di Forino, *Filosofia della matematica e delle scienze naturali*, Boringhieri, Torino 1967, pp. 169 sgg.

¹⁰⁹ AS, p. 53.

¹¹⁰ Cfr. A. Weismann, *Zur Frage nach der Unsterblichkeit der Einzelligen*, «Biologisches Centralblatt», IV, 21/22, 1885, pp. 650-665 e 677-691, in particolare p. 653.

¹¹¹ AS, p. 53.

¹¹² AS, p. 53.

Friedrich Überweg e Ewald Hering¹¹³. Tali indagini – successivamente sviluppate, anche grazie alla mediazione di Mach, da William James e Wolfgang Köhler¹¹⁴ – erano rivolte soprattutto a cogliere il significato dell'esperienza visiva in rapporto alle forme ottico-geometriche con le quali le immagini degli oggetti si presentano nell'organo della visione, istituendo un nesso tra le sensazioni spaziali e la loro localizzazione corporea. Überweg aveva individuato due tendenze. Secondo la prima, rappresentata da Johannes Müller, gli oggetti giungono alla coscienza esattamente nella *stessa* posizione in cui si trovano le loro immagini ottiche sulla retina e, dal momento che un raggio luminoso tocca la retina nella posizione *invertita* rispetto a quella dell'oggetto da cui proviene, occorrerebbe procedere a un "rovesciamento copernicano" in grado di ristabilire la *vera* localizzazione dell'oggetto. Ciò è però impossibile, dato che conosciamo le posizioni degli oggetti solo in base alle posizioni delle immagini sulla retina, né possiamo avvalerci di una sorta di ribaltamento intellettuale delle immagini, poiché esso interverrebbe surrettiziamente dall'esterno e non avrebbe alcun fondamento nell'esperienza visiva. La "giusta" localizzazione può dunque riguardare solo le *relazioni* che si danno nel *fenomeno sensibile*, ossia l'isomorfismo tra i punti dell'immagine che si costituiscono sulla retina e la dislocazione delle parti dell'oggetto o le posizioni di diversi oggetti. D'altronde, anche le relazioni tra i corpi celesti non cambiano se adottiamo una prospettiva tolemaica anziché una copernicana. In conclusione, per Müller il luogo "vero" è dato solo dalla costanza del campo relazionale, giacché non si può parlare del "luogo" fisico esterno come di un punto isolato, corrispondente a un altro punto del luogo interno.

Al contrario, per la seconda tendenza, sostenuta da Carl Ludwig e dalla maggioranza dei fisiologi, le sensazioni visive, che hanno luogo nei punti della retina, *proiettano all'esterno* le cause della loro stimolazione in dire-

¹¹³ Cfr. F. Überweg, *Zur Theorie der Richtung des Sehens*, «Zeitschrift für rationelle Medicin», Dritte Reihe, Bd. V, 1859, pp. 268-282, in particolare pp. 272 sgg.; E. Hering, *Beiträge zur Physiologie*, Zweites Heft, *Von den identischen Netzhautstellen*, Engelmann, Leipzig 1862, pp. 132 sgg.

¹¹⁴ Cfr. W. James, *The Principles of Psychology*, Holt, New York 1890, Vol. II, pp. 31 sgg.; W. Köhler, *Gestalt psychology. An Introduction to New Concepts in Modern Psychology*, Liveright, New York 1929, Revised Edition, 1947, 1992⁴, trad. it. di G. De Toni, *La psicologia della Gestalt*, Feltrinelli, Milano 1971, pp. 52 sgg.; Id., *The Place of Value in a World of Facts*, Liveright, New York 1938, trad. it. di R. e G. Porfidia, *Il posto del valore in un mondo di fatti*, Giunti-Barbèra, Firenze 1969, pp. 99 sgg., dove Köhler menziona esplicitamente Mach. Osservazioni simili si ritrovano in W. Metzger, *Psychologie. Die Entwicklung ihrer Grundannahmen seit der Einführung des Experiments*, Steinkopff, Darmstadt 1941, 1963³, trad. it. di L. Lumbelli, *I fondamenti della psicologia della gestalt*, Giunti-Barbèra, Firenze 1971, pp. 345 sgg.

zione incrociata rispetto all'asse della visione, cosicché gli oggetti vengono visti non nei luoghi della retina, ma dove essi effettivamente si trovano, cioè *al di fuori* del corpo¹¹⁵. Questa teoria della *proiezione* diverge dunque dalla concezione relazionale di Müller per il fatto d'intendere il luogo fisico come l'estremo di una retta che interseca l'organo della visione, e nella cui direzione opposta si trova l'altro estremo, che sta per l'immagine retinica interna all'occhio. Percorrendo la retta nel senso inverso a quello della stimolazione, s'incontra l'oggetto esterno, ma la sua posizione non coincide con la posizione nell'immagine. A questo proposito, Überweg rileva che, per quanto la teoria della proiezione possa sembrare più immediata e naturale, essa non risolve il problema della posizione "reale" dell'oggetto poiché, se per coglierla dobbiamo rovesciare la sua posizione apparente, ciò significa che già occorre sapere qual è la posizione reale rispetto a cui quella apparente è in errore. Tale conoscenza non dipende dunque dalla strutturazione dello spazio, ma solo dall'assunzione preventiva di una *certa* posizione come interna o esterna. Secondo Überweg, per spiegare la localizzazione esterna non si sarebbe dovuto utilizzare il modello isotropo della proiezione geometrica, ma quello, certamente più vicino al fenomeno, della *camera oscura* di un apparato fotografico. Qui non si riscontrano linee di proiezione, ma hanno luogo le stesse relazioni tra sorgenti percettive e oggetti che pretendiamo di riconoscere in una scena reale, in cui vigono rapporti fisici tra cose, situazioni e soggetti che partecipano alla scena. Infatti, nella "camera" della nostra visione si svolge l'intera scena del mondo con le sue differenze oggettive, rispetto alle quali «l'anima estende il suo spazio di coscienza fino ai limiti estremi, e non si trova certo rinchiusa in quello spazio che, invece, vale solo per il corpo organico»¹¹⁶. Lo spazio della coscienza del mondo è in un certo senso simile allo spazio di un *planetario* che, con la sua volta, include il nostro occhio che osserva i corpi celesti: possiamo percepire rette e distanze infinite, superfici e profondità in modo non diverso da quelle dal cielo reale, che vediamo *fuori di noi*.

I rilievi critici mossi da Überweg contro la teoria della proiezione sembravano dunque avvalorare la concezione relazionale di Müller, ma non definivano chiaramente i margini entro cui intendere il modello della coscienza sensibile come una "camera oscura". Si trattava solo di una metafora, utile a esemplificare il rapporto tra interno ed esterno, oppure di una condizione oggettiva, che riguardava la natura stessa dell'organo sensibile e dell'intero sistema nervoso? Inoltre, l'isomorfismo relazionale di Müller si

¹¹⁵ Cfr. F. Überweg, *Zur Theorie der Richtung des Sehens*, cit., pp. 268-269.

¹¹⁶ Cfr. *ivi*, p. 278.

muoveva in una prospettiva sostanzialmente monistica che non escludeva soluzioni intermedie rispetto a una pura teoria delle relazioni. Infatti, la “volta celeste” fenomenica poteva essere intesa come la stessa dell’oggetto fisico, con l’aggiunta di alcune qualità secondarie e la sottrazione delle proprietà atomiche ed elettromagnetiche. Anche le osservazioni sviluppate alcuni anni dopo da Hering e da Wilhelm Schuppe si limitavano a criticare la teoria della proiezione o richiamandosi a incongruenze ottico-geometriche, come l’impossibilità di eliminare ogni fenomeno di aberrazione nella visione di un corpo fisico¹¹⁷, oppure al fatto che la proiezione era solo la conseguenza di una concezione *soggettivistica* delle sensazioni, dato che l’oggetto esterno si riduceva, in ultima istanza, all’oggetto percepito¹¹⁸.

A fronte di questo confuso intreccio tra proprietà fisiche, psichiche e metafisiche, in vista delle quali Otto Liebmann si era spinto persino a rigettare il “preformismo fisiologico” di Müller a favore di un deciso intervento dell’*intelletto* a cui non spettava il compito di correggere le sensazioni, ma più semplicemente di tradurre all’esterno le qualità sensibili – in un modo che però non può mai giungere alla nostra chiara coscienza¹¹⁹ –, Mach ribadiva la necessità di una maggiore attenzione ai fenomeni, evitando d’impiegare nozioni fisiche per questioni che riguardano solo il campo psichico e fisiologico. Se un fisico osserva un’immagine retinica rovesciata e si pone il problema di come sia possibile che un punto, che nello spazio esterno si trova *in basso*, si trovi nella retina *in alto*, egli risolve la questione ricorrendo a leggi ottico-geometriche¹²⁰. Tali leggi appartengono del tutto al suo campo d’indagine e forniscono una spiegazione perfettamente coerente ed esauriente, poiché l’occhio è in tal caso considerato come un *apparato fisico isolato* dal corpo sensibile, un apparato che potremmo riscontrare in ogni oggetto meccanico di tal sorta, ad esempio in una macchina fotografica con la *sua* camera oscura. Questa camera ha *linee di proiezione geometriche* come qualsiasi altra. Ma se ora ci chiediamo «perché *vediamo dritte* le immagini che sulla retina sono rovesciate»¹²¹, i termini “dritto” e “rovescio”, che riguardano lo *stesso* problema della localizzazione, assumono *due* sensi di-

¹¹⁷ Cfr. E. Hering, *Beiträge zur Physiologie*, cit., p. 133.

¹¹⁸ Cfr. W. Schuppe, *Grundriss der Erkenntnistheorie und Logik*, Weidmannsche Buchhandlung, Berlin 1894, p. 15.

¹¹⁹ Cfr. O. Liebmann, *Über den objektiven Anblick*, Schober, Stuttgart 1869, pp. 70, 73 e 172. Su ciò, cfr. S. Edgar, *The Physiology of the Sense Organs and Early Neo-Kantian Conceptions of Objectivity: Helmholtz, Lange, Liebmann*, in F. Padovani et al. (eds.), *Objectivity in Science. New Perspectives from Science and Technology Studies*, Springer International Publishing, Switzerland 2015, pp. 101-122.

¹²⁰ Cfr. AS, p. 64.

¹²¹ *Ibid.*

versi: il primo è legato a una condizione psichica, il secondo a una condizione fisica. Così posto, dunque, il problema non ha alcuna risposta o, meglio, ne ha una che riguarda il *fenomeno della visione* da cui siamo partiti: «le sensazioni di luce dei singoli punti della retina» – nota Mach – «sono connesse *fin dall'inizio* a sensazioni spaziali, e noi diciamo che sono “in alto” quei punti dello spazio che corrispondono sulla retina a punti *in basso*»¹²².

L'intera teoria sull'origine del mondo esterno attraverso la “proiezione” delle sensazioni si fonda dunque su un'*applicazione errata di punti di vista fisici*, poiché le sensazioni spaziali, diversamente connesse ad ognuno dei cinque sensi, posseggono già uno specifico carattere di esteriorità. Nel loro insieme, esse definiscono un *campo spaziale* di cui il nostro corpo occupa solo una parte e che può variare a seconda del senso considerato¹²³. Come mostra l'esempio dell'uomo sdraiato sul divano, possiamo vedere solo una parte del nostro corpo, che ci appare *esterna* in modo simile agli altri oggetti della stanza, ma possiamo anche sentirne una parte diversa con il tatto, e allora il corpo ci apparirà al tempo stesso, per disgiunzione inclusiva, come esterno e come interno. Se però ci poniamo il problema dell'*eccezionalità* del nostro corpo come l'unico che, nel suo complesso, possa essere percepito contemporaneamente dall'esterno e dall'interno, dobbiamo allora specificare il senso di questa “contemporaneità”. Essa è tale se con ciò intendiamo che il *punto geometrico*, che nel contatto unisce la superficie del nostro corpo al mondo esterno, è *lo stesso* colto da una parte e dall'altra, ma non è un'indicazione corretta se diciamo che il *punto di contatto appartiene* sia all'*insieme* del nostro corpo, sia all'*insieme* del mondo esterno. Infatti, nel primo caso esso è interno, mentre nel secondo è sicuramente al di fuori, e, per inversione complementare, non può mai accadere che si trovi, *al tempo stesso*, all'interno e all'esterno (Fig. 2).

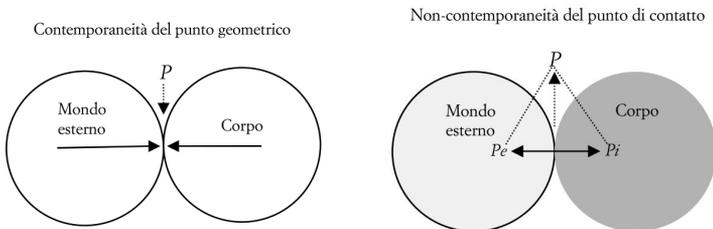


Fig. 2

¹²² *Ibid.*¹²³ Cfr. AS, p. 65.

Il problema dell'errata applicazione di concetti fisici al mondo psichico deriva dunque, oltre che dalla specifica legalità dei due campi, dai fraintendimenti con cui di solito tendiamo a presentare la natura del medesimo campo fisico, ordinato in base a proprietà euclidee che sono solo un caso particolare e finalizzato della spazialità. Una simile difficoltà si presenta quando, dopo aver stabilito che un luogo determinato della retina è "cieco", ci chiediamo come viene sensibilmente *riempito* il "vuoto" dell'immagine ad esso corrispondente. Infatti, quel luogo è fisicamente uno spazio e siamo perciò indotti a credere che alla sua consistenza fisica debba corrispondere *qualcosa* nello spazio psichico. In realtà – nota Mach – «nel punto cieco non vediamo *nulla*, e il vuoto dell'immagine non viene in generale riempito»¹²⁴. La mancanza di una sensazione visiva in un punto della retina non viene dunque avvertita come un vuoto, *ma non viene avvertita affatto*: se comparisse il vuoto, non saremmo ciechi, ma vedremmo comunque qualcosa, una sorta di concavità negativa che, per contrasto rispetto alla pienezza fisica, si presenta come ciò che *interrompe* la continuità degli oggetti.

Questo luogo – così pensiamo – potrebbe forse essere "riempito" avendo a disposizione un apparato visivo più evoluto e adeguato, in grado di corrispondere punto per punto alla *vera* struttura del mondo. Ma quest'argomento contiene una duplice fallacia, sia di ordine psichico, sia fisico. Anzitutto, la *continuità* degli oggetti non consiste in una corrispondenza biunivoca tra parti del mondo esterno e del mondo interno, ma solo nella *costanza* delle proprietà che possiamo riscontrare tra le parti che percepiamo come più piccole e quelle più grandi; si tratta dunque di un fattore comparativo-relazionale, non puntuale. In secondo luogo, anche lo spazio fisico, indipendentemente dagli effetti percettivi, può essere considerato come pieno o vuoto a seconda della prospettiva da cui si coglie l'estensione del *campo dinamico* della materia, il quale si struttura secondo forme oscillatorie e modulari. A una concavità vuota del campo corrisponde sempre – per complemento polare nella *macrostruttura* – una convessità piena e viceversa. Se intendiamo riprodurre per isomorfismo il campo fisico in quello psichico, in quest'ultimo si verificherà la medesima situazione; non ha quindi senso chiedersi se i *punti* dello spazio, corrispondenti alla macchia cieca, siano *in sé vuoti* e che cosa dovrebbe "riempirli".

Su questa base, Mach ribadisce non solo la necessità di evitare la confusione tra i diversi campi, ma anche l'impossibilità di prescindere dagli elementi sensibili, posti nel campo fenomenico psichico, per le ricerche e le

¹²⁴ *Ibid.*

formulazioni dei concetti fisici. Anticipando alcune osservazioni svolte da Hugo Dingler intorno al “principio di ordine metodico” che guida le concettualizzazioni relative ai corpi e allo spazio del mondo esterno¹²⁵, Mach rileva come ogni strumento o apparecchiatura, volta a determinare e a misurare uno stato fisico, «si fonda su una serie quasi incommensurabile di percezioni sensoriali per la regolazione di tali apparati», sicché il fisico che non tenga in considerazione quest’aspetto, rischia di «vedere il bosco senza vedere gli alberi», non rendendosi conto del fatto che «alla base dei suoi concetti ci sono *sempre* le sensazioni»¹²⁶. Ciò detto, è evidente che se pretendiamo di comprendere i processi e gli eventi che compongono la realtà solo con concetti fisici, la nostra conoscenza del mondo non risulterà più ampliata, profonda e sicura, ma sarà al contrario limitata e impoverita¹²⁷. Anche una ricerca fisiologica può avere un carattere del tutto fisico: possiamo seguire il processo nervoso della visione dall’inizio alla fine nelle sue relazioni chimiche ed elettriche, ma non dobbiamo poi meravigliarci se la *sensazione di verde* ci apparirà qualcosa di totalmente nuovo ed estraneo, *non previsto* in quelle relazioni¹²⁸.

Sulla base di queste considerazioni, Mach avverte il bisogno di chiarire una volta per tutte l’equivoco di fondo che condiziona le più comuni impostazioni del rapporto tra “mondo interno” e “mondo esterno”. Di solito, l’ambito psichico-fenomenico, in cui talvolta è incluso anche il nostro corpo, è assimilato al *mondo interno*, mentre l’ambito fisico-fisiologico, che può comprendere il nostro organismo con la sua mente che “pensa” le leggi della natura, è posto in corrispondenza al *mondo esterno*. Se questa divisione fosse corretta, le nostre percezioni non avrebbero alcun riferimento oggettivo, ma sarebbero solo autoaffezioni che risultano dalla circolarità tra sensazione e “rappresentazione”, a cui fa da contraltare una mente organica e disincarnata che si avvale solo di processi fisici, in modo non dissimile da un apparato di calcolo simbolico. Si tratta della versione classica del paralle-

¹²⁵ Cfr. H. Dingler, *Die Methode der Physik*, Reinhardt, München 1938, trad. it. di S. Ceccato, *Il metodo della ricerca nelle scienze*, Longanesi, Milano 1953, in particolare pp. 157-161; Id., *Die Grundgedanken der Machschen Philosophie*, Barth, Leipzig 1924, p. 58.

¹²⁶ AS, p. 67.

¹²⁷ Cfr. CE, p. 134. A tal riguardo, Mach osserva che, se intendiamo il concetto come un semplice *prodotto* dell’astrazione, allora esso si riduce alla “separazione” di una proprietà da un fenomeno che, come tale, è *più ricco* del concetto. Tuttavia, se il concetto viene inteso come una determinata *attività di reazione* ai fenomeni che “incontriamo” nell’esperienza, esso «*arricchisce e amplia* il fatto, per noi troppo povero», poiché si presenta come «un impulso a ulteriori attività sensibili» (AS, pp. 279-280).

¹²⁸ Cfr. *ibid.*

lismo psico-fisico che deve ricorrere a una forma di mediazione estrinseca tra interno ed esterno, come l'occasionalismo o l'armonia prestabilita¹²⁹.

In realtà, l'unico senso legittimo in cui possiamo dire che le percezioni e i loro oggetti *dipendono* da fenomeni presenti *all'interno* di noi, è che con "noi" s'intenda l'*organismo fisico* e con "fenomeni interni" s'indichino i processi nervosi, chimici ed elettrici che sono aspetti di tale organismo. Ora, l'organismo fisico è, in senso proprio, un'entità *transfenomenica*: esso non fa parte della *nostra* percezione oggettuale (ad esempio, del verde) quando i processi interni sono attivi. Tuttavia, da un altro punto di vista anche l'organismo può presentarsi come un *oggetto fenomenico*, ad esempio nelle *percezioni* oggettuali che hanno luogo nell'indagine svolta dal neurologo o dal fisiologo rispetto a un certo corpo organico, o a se stessi come entità fisico-organiche. Pertanto, anche se il fisico o il neurologo fanno sempre *uso* di sensazioni, esse non sono lo *scopo* della loro indagine, ma ne costituiscono solo l'inizio e lo strumento. Questa mancata distinzione spiega perché il problema del modo in cui l'oggetto fenomenico *possa sorgere* da processi fisici e organici debba risultare paradossale e insolubile.

Per risolvere tale questione, Mach si richiama da un lato alle considerazioni già svolte da Avenarius in merito al fenomeno dell'introiezione e, dall'altro, alla delimitazione "U" (= *Umgrenzung*) tra il campo della coscienza e il mondo esterno che, nelle pagine iniziali dell'*Analisi delle sensazioni*, egli aveva introdotto allo scopo di dimostrare l'insostenibilità della posizione solipsistica¹³⁰. Quando diciamo che l'oggetto percepito è *localizzato fuori di noi*, il termine "noi" si riferisce al nostro corpo come esperienza percettiva, che occupa solo *una parte* dello "spazio" o del campo percettivo di cui l'oggetto percepito rappresenta *l'altra parte*, e precisamente quella regione fenomenica che si trova "al di fuori" della *correlativa* regione fenomenica occupata dal nostro corpo. Ciò non esclude che sia possibile una localizzazione esterna dell'oggetto fisico rispetto al nostro organismo; ma allora anche l'organismo dev'essere reciprocamente trattato come esterno all'oggetto fisico e il problema del rapporto tra interno ed esterno si dissolve da sé. Infatti, la *localizzazione fisica* non corrisponde alla *localizzazione funzionale*: considerando l'estensione della figura spaziale di un essere vivente, è possibile riscontrare che due "luoghi" del suo corpo possono essere metricamente molto vicini ma giacere a un enorme "distanza funzionale", come ad esempio l'unghia di un dito e i ricettori nervosi del rispettivo polpastrello. Inoltre, la localizzazione funzionale non si risolve nella localizza-

¹²⁹ Cfr. CE, p. 8.

¹³⁰ Cfr. AS, pp. 55-56; CE, pp. 9-11.

zione fisica nemmeno nel caso in cui s'introduca una *topologia dello spazio fisico*, poiché in tale topologia avremo comunque un senso spaziale che non ha nulla a che fare con la topologia dello spazio fenomenico e funzionale.

In conclusione, si tratta esattamente di rovesciare il modo consueto d'intendere il processo di localizzazione: la prospettiva fisica e transfenomenica definisce il *sensu* dell'"interiorità", mentre quella psichica e fenomenica determina il *sensu correlativo* dell'"esteriorità". Dove due oggetti non-fenomenici sono reciprocamente esterni, occorre un terzo campo di unificazione, sicché lo spazio di relazione dipenderà dalla struttura anonima e simbolica (fisico-mentale) di questo terzo campo, che darà vita a omologie configurazioni metriche o topiche¹³¹.

2.4. *La percezione dei colori*

Le considerazioni svolte in merito alla necessità di non confondere tra localizzazione fisica e localizzazione fenomenico-funzionale consentono a Mach di affrontare, con il sostegno dei risultati ottenuti nel corso dell'Ottocento dagli studi sperimentali sulla fisiologia dei sensi, il problema della specificità della percezione dei colori in rapporto alle sensazioni spaziali. Già in uno scritto del 1865 sugli *Stimoli luminosi intermittenti*¹³² Mach aveva evidenziato l'errore che si compie quando, nel tentativo d'individuare le sensazioni cromatiche fondamentali, si ricorre ai diversi tipi di luce fisica che Newton aveva derivato dal numero illimitato di indici di rifrazione, posti in una gradazione continua¹³³. Tale confusione aveva la sua origine nel *Trattato della pittura* di Leonardo, nel quale le sensazioni di colore erano state ricondotte alle composizioni dei *pigmenti* colorati, per cui, ad esempio, il verde, in quanto unione di blu e giallo, veniva trattato come una sensazione secondaria rispetto ai colori semplici e fondamentali¹³⁴.

A questo proposito, Mach poneva l'attenzione sul fatto che solo una considerazione dei processi fisiologici, e in particolare degli effetti chimici che emergevano da tali processi, avrebbe potuto gettare luce sulle rispettive

¹³¹ Questi rilievi machiani in merito alla distinzione tra „esterno” e “interno” verranno sviluppati da Wolfgang Köhler (*Die physischen Gestalten in Ruhe und im stationären Zustand. Eine naturphilosophische Untersuchung*, Vieweg, Braunschweig 1920, pp. 173 sgg.) che intitola il capitolo iniziale dedicato alle forme psicofisiche con un verso tratto dall'*Epirrhemata* di Goethe (1819): “Denn was innen, das ist außen” (“Infatti ciò che è dentro è anche fuori”).

¹³² Cfr. E. Mach, *Bemerkungen über intermittierende Lichtreize*, «Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin», 8, 1865, pp. 629-635, in particolare pp. 633 sgg.

¹³³ Cfr. AS, p. 83.

¹³⁴ Cfr. AS, pp. 84-85.

sensazioni, ma, in ogni caso, si trattava di attenersi ai *fenomeni* percettivi della luce colorata, così com'essi si danno nell'esperienza. Se da un lato è vero – come aveva notato Helmholtz¹³⁵ – che il sistema delle sensazioni trova in generale corrispondenza nel sistema dei processi nervosi (poiché, ad esempio, se il sistema delle sensazioni spaziali si presenta come una triplice varietà, anche i processi fisiologici corrispondenti manifesteranno una forma simile)¹³⁶, dall'altro bisogna riconoscere che, soprattutto per i colori, tale corrispondenza non vale sempre e può quindi indurre a conclusioni che non hanno riscontro nel fenomeno sensibile. Mach riconosce agli studi di Ewald Hering, pubblicati alcuni anni dopo il suo saggio sugli *Stimoli intermittenti*¹³⁷, il merito di aver messo in rilievo che la composizione di due processi corrispondenti ai colori complementari non dà vita, come ci si potrebbe aspettare in base a considerazioni fisico-fisiologiche, a un nuovo processo, ma porta al loro *annullamento* reciproco¹³⁸.

D'accordo con Mach, Hering metteva in evidenza come la tendenza a ricorrere a esperienze fisiche, ricavate dalla constatazione che le righe dello spettro solare (successivamente chiamate “righe di Fraunhofer”) potevano essere considerate come i “confini” dei colori, avesse indotto a ritenere il verde una sensazione *mista*, composta dalle sensazioni di giallo e di blu, mentre in realtà doveva trattarsi di una sensazione *semplice*, dato che non era possibile *percepire* il giallo e il blu come “contenuti” o parti costitutive della sensazione del verde. Ma il fatto più significativo era che tale tendenza non si manifestava nella visione del bianco. Infatti, anche se il blu e il giallo dello spettro, mescolati insieme, davano realmente una luce acromatica bianca, nessuna considerazione psichico-sensibile, tratta dall'indagine *fisica*, sosteneva la possibilità di vedere il giallo e il blu nel bianco¹³⁹. Si poteva così pensare che, proprio nelle modalità erronee in base alle quali era stata impostata la relazione psico-fisica delle sensazioni cromatiche, si celasse il problema relativo alla *differenza effettiva* tra la percezione del bianco e del nero e la percezione dei colori fondamentali, da cui sorgevano i più significativi rapporti complementari.

¹³⁵ Cfr. H. von Helmholtz, *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*, Vieweg, Braunschweig 1863, 18774, ed. it. a cura di V. Cappelletti, *Sull'analisi dei suoni mediante l'orecchio*, in Id., *Opere*, UTET, Torino, 1996, pp. 369-411, in particolare pp. 383 sgg.

¹³⁶ Cfr. AS, p. 83.

¹³⁷ Cfr. E. Hering, *Zur Lehre vom Lichtsinne. Sechs Mittheilungen an die Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien*, Carl Gerold's Sohn, Wien 1878.

¹³⁸ Cfr. AS, p. 86.

¹³⁹ Cfr. AS, p. 84, nota.

In tal senso, Hering poneva al centro delle sue indagini i *tipi di opposizione* che regolavano i rapporti tra il bianco, il nero e gli altri colori, chiedendosi come fosse possibile che nel grigio ci accorgiamo di vedere *contemporaneamente* il bianco e il nero, mentre ciò non accade riguardo al giallo e al blu che “compongono” il verde¹⁴⁰. Accogliendo il suggerimento di Goethe, che per primo aveva criticato la confusione tra il piano fisico e il piano fenomenico delle sensazioni cromatiche, Hering disponeva i colori fondamentali in un cerchio, tentando così di rappresentare nel movimento sulla circonferenza il passaggio progressivo e continuo da un colore all’altro, mentre le linee che congiungevano i punti diametralmente opposti della circonferenza segnavano la discontinuità, di tipo antagonistico ed esclusivo, che si verificava tra i colori complementari. In tal modo, era possibile chiarire perché i processi antagonistici non generassero il bianco come un nuovo processo, ma semplicemente, in seguito a un rapporto di esclusione, consentissero di *far emergere* il bianco come quella “luce” che, in gradi diversi, era già presente in precedenza e che dava ai colori la loro *visibilità*¹⁴¹. Infatti, mentre la *tonalità* rappresentava la “misura assoluta” del colore (ossia la ragione per cui un colore è tale e diamo ad esso un certo nome), la *luminosità percepita* era evidentemente il frutto di una misura comparativa, vale a dire del confronto tra la quantità di luce proveniente da un oggetto e la quantità di luce proveniente da una superficie bianca sottoposta alla *medesima* illuminazione. Proprio per questa sua natura comparativa e contestuale, la luminosità, determinata dalla specifica “quantità” di bianco o di nero presente nel colore, si rivelava come l’elemento più importante all’interno della percezione visiva, poiché la visione acromatica, basata solo sul contrasto di luci, era in grado di veicolare tutte le informazioni essenziali ai fini della comprensione della scena osservata¹⁴². Ogni raggio di luce, in diverso grado, agisce provocando discriminazioni progressive nel *continuum* che va dal bianco al nero, mentre ciò non accade sempre nel rapporto blu-giallo o verde-rosso¹⁴³. Così, se in un certo senso si può dire che il rapporto logico tra colori antagonistici sia conforme a una relazione di *contraddizione*, il rapporto di luminosità, che regola il contrasto tra il bianco e il nero, avviene invece per *contrarietà polare*¹⁴⁴, sicché – nota Mach – «il processo

¹⁴⁰ Cfr. E. Hering, *Zur Lehre vom Lichtsinne*, cit., p. 109.

¹⁴¹ Cfr. ivi, p. 110; AS, p. 86.

¹⁴² Cfr. E. Hering, *Zur Lehre vom Lichtsinne*, cit., p. 114.

¹⁴³ Cfr. ivi, p. 120.

¹⁴⁴ Cfr. ivi, p. 121.

del nero va concepito come una *reazione* al processo del bianco»¹⁴⁵, nella quale sono possibili gradi intermedi o “misti” della sensazione.

Tuttavia, l'esposizione di Hering risolveva solo in parte la questione della *contemporanea* sensazione di bianco e di nero, in quanto si limitava a rappresentare i rapporti tra luci acromatiche e luci cromatiche mediante relazioni *lineari*, inducendo così a credere – come aveva indicato Fechner – che, nel caso dell'opposizione cromatica, si trattasse semplicemente di una scomparsa del colore antagonista sotto la soglia percettiva¹⁴⁶. In tal senso, per spiegare lo scarto percettivo – di carattere non solo spaziale, ma anche *temporale* – tra compagini cromatiche e acromatiche, Mach ricorreva alle osservazioni svolte pochi anni dopo da Wolfgang Pauli riguardo agli “stati colloidal” presenti nei processi trasformativi di alcune sostanze inorganiche e, soprattutto, nelle sostanze viventi¹⁴⁷. Un *colloide* è uno stato intermedio di aggregazione di una sostanza che non deriva né da un grado di suddivisione troppo grossolano delle sue parti, le quali, messe a contatto con un mezzo di dispersione (ad esempio, l'aria o l'acqua), originano una sospensione o un'emulsione, né da un grado di suddivisione troppo fine, di tipo molecolare, da cui si produce invece una soluzione omogenea e compatta. Due sostanze con la medesima struttura fisico-chimica, ad esempio l'acqua di un lago e la nebbia sopra di esso, possono dunque manifestare stati di aggregazione del tutto diversi – nel primo caso non-colloidale e nel secondo colloidale – che rispondono a processi differenti. Richiamandosi al chimico scozzese Thomas Graham, che ne aveva coniato il termine, e al biologo Otto Bütschli, che aveva invece esaminato gli stati colloidal in relazione alle suddivisioni cellulari, Pauli aveva messo in evidenza come i processi che portano a tali sistemi intermedi, a causa della loro instabilità ed eterogeneità, non fossero contrassegnati dalla forma univoca tipica delle più comuni reazioni chimiche o dei fenomeni elettromagnetici, ma si trovassero anzi sottoposti a movimenti disordinati e imprevedibili, di tipo browniano, che da un lato consentivano di mantenerne lo specifico stato colloidale resistendo a forze di attrazione di tipo gravitazionale, e, dall'altro, lasciavano intravedere il fatto che determinate configurazioni potessero essere raggiunte *in modo indiretto e non lineare*¹⁴⁸. Pauli era giunto in tal modo a distinguere le

¹⁴⁵ AS, p. 86.

¹⁴⁶ Cfr. E. Hering, *Zur Lehre vom Lichtsinne*, cit., p. 123.

¹⁴⁷ Cfr. W. Pauli, *Der kolloidale Zustand und die Vorgänge in der lebendigen Substanz*, «Naturwissenschaftliche Rundschau», XVII, Nr. 25-26, 1902, pp. 313-316, 325-327.

¹⁴⁸ Cfr. *ivi*, p. 313.

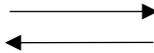
forme di opposizione in cui le sostanze si eliminano, comportandosi come *grandezze positive e negative* secondo equazioni lineari del seguente tipo¹⁴⁹:

$$[(a + b + c) - m = M] \rightarrow [M + m = (a + b + c)]$$

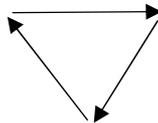
e le “opposizioni di sistema”, caratteristiche degli stati colloidali, che sono invece raffigurabili come insiemi interagenti¹⁵⁰:

$$\begin{cases} a + b + c = A \\ A = l + m + n \end{cases}$$

Mentre le prime erano designabili come semplici processi *omodromi* che seguono la *stessa via*, cioè mantengono la medesima direzione in versi opposti:



le seconde si presentavano, al contrario, come processi *eterodromi* o “complessi” che seguono *vie diverse*, dal momento che lo stato iniziale poteva essere raggiunto a ritroso con fattori che, nel percorso inverso, non corrispondevano a quelli impiegati nel processo di partenza¹⁵¹:



Da tali rilievi, Mach traeva spunto per risolvere il problema lasciato aperto da Hering, assegnando la forma eterodroma all’opposizione tra nero e bianco, la cui “reazione” manifestava esattamente la presenza di uno *stato colloidale della luce percepita in chiaroscuro*¹⁵².

A tal riguardo, va sottolineato il fatto che, alcuni anni prima, il fisico irlandese John Tyndall aveva evidenziato l’impossibilità di “osservare” direttamente le particelle colloidali, poiché il raggio di luce che le colpiva (ad esempio, la luce del Sole che attraversa le goccioline della nebbia) viene dif-

¹⁴⁹ Cfr. *ivi*, p. 327.

¹⁵⁰ Cfr. *ibid.*

¹⁵¹ Cfr. *ibid.*

¹⁵² Cfr. AS, pp. 86-87.

fuso creando intorno ad esse un piccolo disco di diffrazione¹⁵³. Pareva così evidente che anche la sequenza del nero e del bianco nel “miscuglio” percettivo del grigio potesse essere intesa come un insieme denso in cui i due estremi, pur non essendo direttamente distinguibili, erano effettivamente presenti senza annullarsi, originando in tal modo un *nuovo* processo simile alla composizione in *due fasi* degli stati colloidali. Al contrario, le opposizioni tra i colori complementari, avendo una forma omodroma e non colloidale, rendevano impossibile la comparsa di un nuovo processo, e risultavano invece conformi al comportamento delle sostanze governate dalla dispersione delle parti più fini o “molecolari”, nelle quali è presente *una sola fase*. Da tutto ciò si poteva trarre la seguente conclusione: mentre il risultato del processo che regola le opposizioni diametrali dei colori manifesta una forma *univoca* ottenuta per negazione di uno degli opposti¹⁵⁴ e, in tal senso, è analogo a quello delle autentiche *soluzioni chimiche*, il prodotto finale del processo relativo alla luminosità, sottraendosi all’annullamento reciproco delle grandezze, si rivela invece conforme ai processi *dinamici* e *metabolici* delle sostanze viventi, nelle quali si conserva una sorta di “memoria” delle fasi precedenti¹⁵⁵. Senza dubbio, tale *permanenza colloidale del passato* costituisce la causa dell’instabilità dello stato raggiunto, ma può anche essere intesa come un fattore di sviluppo e di apertura verso nuove forme, non prevedibili in base alla semplice analisi delle parti costitutive.

2.5. Le sensazioni di spazio

Le indagini sui processi che determinano le differenze tra le sensazioni cromatiche e acromatiche dovevano condurre Mach ad approfondire il rapporto tra le sensazioni di colore e le sensazioni spaziali, poiché – in prima istanza – lo spazio non è affatto un concetto, ma solo un *momento distinto* nella percezione unitaria di un corpo. Spazio e colore rappresentano infatti quei caratteri della percezione che consentono *immediatamente* di fissare l’identità e la diversità degli oggetti: una stessa figura spaziale può avere diversi colori e un medesimo colore può essere assunto da diverse figure spaziali¹⁵⁶. In tal senso, si chiarisce anche il ruolo svolto, nelle sensazioni spaziali, dagli aspetti chimici e da quelli fisico-meccanici. Anche se,

¹⁵³ Cfr. J. Tyndall, *Six Lectures on Light*, Longmans, Green, and Co., London 1873; Id., *The Forms of Water. Clouds & Rivers, Ice & Glaciers*, Henry S. King & Co., London 1873.

¹⁵⁴ Cfr. E. Mach, *Grundlinien der Lehre von der Bewegungsempfindungen*, cit., pp. 57 sgg.

¹⁵⁵ Cfr. W. Pauli, *Der kolloidale Zustand und die Vorgänge in der lebendigen Substanz*, cit., p. 327.

¹⁵⁶ Cfr. AS, p. 110.

come abbiamo visto, le sensazioni cromatiche sono conformi a processi in cui intervengono grandezze positive e negative, ciò non significa che esse si riducano a relazioni di somma e di sottrazione che caratterizzano gli enti fisici. Le osservazioni di Pauli riguardavano il modo in cui si svolge un'equazione chimica, ma non toccavano il risultato fenomenico di un processo reale a cui tale equazione si applica. Infatti, nella composizione dei colori complementari si è semplicemente osservato che dalla tonalità è impossibile ricavare una certa luminosità se questa non è già contenuta nel colore, ma ciò non implica la produzione di un risultato conforme, in modo esclusivo, alla mera somma dei caratteri delle parti componenti. Allo stesso modo, gli aspetti fisico-geometrici sono solo alcune componenti delle figure spaziali; presi da soli, essi non possono spiegare la costituzione della sensazione di spazio. In generale, qualsiasi stato in cui intervengano fattori cromatici, sia esso regolato da processi colloidali o no, rientra nelle *formazioni chimiche*, il cui compito è rivolto a determinare le condizioni favorevoli o sfavorevoli alla vita, delle quali la sensibilità è una parte costitutiva fondamentale¹⁵⁷. Senza entrare nella discussione – frutto di numerosi fraintendimenti – se la complessità del senso cromatico corrisponda in termini biologici o culturali allo sviluppo evolutivo dell'uomo e degli animali, Mach evidenzia come la luce rappresenti la condizione per eccellenza della vita organica, al punto da poter configurare uno svolgimento “cromatico” del metabolismo: «La verde *clorofilla* e la rossa *emoglobina* (il rosso è il complementare del verde) svolgono una funzione di primo piano nei processi chimici che hanno luogo nell'organismo della pianta e nei processi chimici opposti che si realizzano nell'organismo dell'animale»¹⁵⁸.

Se i fenomeni della visione sono determinati dalla presenza di luce, le sensazioni di colore e le sensazioni spaziali, legate in primo luogo all'organo della vista, risultano connesse all'interno dello *stesso* campo percettivo. Inoltre, la presenza dei movimenti metabolici, caratterizzati dal cromatismo che risponde a processi strutturali relativi alla generazione di “forme”, rende possibile l'estensione dei fattori chimici e dinamici anche alle *sensazioni visive dello spazio*, al punto da contrassegnare, in generale, tutti i fenomeni visivi secondo strutture vibratorie e oscillatorie¹⁵⁹. A tal riguardo, Mach pone in rilievo come la percezione di una certa figura spaziale non possa risolversi in base alla composizione fisico-geometrica delle sue parti, ma si svolga in base alle condizioni fisiologiche che regolano sia la *locomozione* del

¹⁵⁷ Cfr. AS, p. 111.

¹⁵⁸ AS, pp. 111-112.

¹⁵⁹ Cfr. AS, p. 112.

soggetto della visione, sia lo *spostamento* della figura percepita¹⁶⁰. Così, l'accostamento di due figure quadrate della stessa dimensione, l'una disposta su un piano da un lato e l'altra da un vertice, pur rivelando una congruenza geometrica, le fa apparire sensibilmente diverse, poiché la prima si presenta come un quadrato, mentre la seconda sembra un rombo¹⁶¹. Per percepirne l'uguaglianza spaziale, occorre o una proiezione geometrica, che però è di tipo intellettuale, oppure una rotazione effettiva della seconda sul piano mediante un *movimento* che esprime la natura fisiologica della sensazione di spazio.

Vi sono dunque due nozioni di "somiglianza" spaziale: una *fisico-geometrica* e l'altra *fisiologico-sensibile*, conformi a esigenze e criteri differenti¹⁶². L'errore consiste nella pretesa di ricavare la prima figura dalla seconda e viceversa. Si potrebbe tuttavia osservare che la proiezione geometrica è, alla stessa stregua, un movimento, sebbene tale movimento non venga materialmente eseguito dai corpi spaziali presi in considerazione. Pur verificandosi uno scarto col movimento sensibile, nulla ci autorizza, in linea di principio, a decretare quest'ultimo come più reale rispetto al primo: anche l'esperienza conoscitiva dello spazio geometrico è infatti un *fenomeno* che risponde a certi bisogni della vita.

Tuttavia, quest'obiezione, che Mach senza dubbio accoglie nel quadro della sua teoria dell'esperienza, non risolve il problema della *genesì* delle nozioni spaziali anche a livello più strettamente fisico. Se tracciamo un piano di coordinate, che per semplificare possiamo assumere come conforme a uno sfondo bidimensionale euclideo, le "linee" di tale piano non contengono in sé alcuna direzione od orientamento. Di conseguenza, non è nemmeno possibile fissare un movimento, poiché questo richiede in ogni caso che i punti della linea siano percorsi in un *ordine di successione* corrispondente a una certa direzione. Inoltre, anche i numeri positivi o negativi degli assi delle coordinate riproducono le direzioni che consentono, preventivamente, di tracciare il piano: di conseguenza, non importa che le direzioni siano reversibili nell'isotropia dello spazio. Mach è però attento a non confondere questa *genesì empirica* con un'indebita *deduzione logica* dei caratteri geometrici da quelli sensibili: la prima ci fornisce il significato della direzione, la seconda il suo impiego per certi scopi conoscitivi.

Ciò detto, è sempre possibile, mediante la comparazione tra i due diversi campi, riscontrare lo scarto o la coincidenza tra le congruenze geometri-

¹⁶⁰ Cfr. *ibid.*

¹⁶¹ Cfr. AS, p. 113.

¹⁶² Cfr. AS, p. 115.

che e le congruenze fisiologiche. Una macchia irregolare, accostata a un'altra macchia con la stessa forma e lo stesso colore, può apparire simile o dissimile a seconda dei *valori di simmetria* che vengono rispettati, ma non è detto che ciò che si presenta simmetrico e somigliante dal punto di vista geometrico sia tale anche dal punto di vista fisiologico¹⁶³. Noi consideriamo simili due figure geometriche quando le loro dimensioni sono *omologhe*, cioè le distanze e le proporzioni tra le parti si corrispondono, ma affinché tale omologia possa dar luogo a una *somiglianza fisiologica*, occorre che si presenti anche il *giusto orientamento*¹⁶⁴. L'omologia dipende infatti dalla corrispondenza tra le relazioni interne alle figure, mentre la somiglianza fisiologica richiede anche l'intervento di relazioni esterne, vale a dire dei rapporti tra la struttura geometrica e le sensazioni spaziali del soggetto della visione, in cui il movimento svolge un ruolo fondamentale¹⁶⁵.

Per rendersi conto dell'importanza della direzione e del movimento nelle sensazioni di spazio, è sufficiente riconoscere che sono visualizzabili solo le strutture fisico-geometriche che li contengono e che corrispondono a determinate equazioni differenziali. Tali equazioni sono le stesse che caratterizzano le conoscenze meccaniche, e ciò spiega perché, nella storia dei concetti fisici, alla meccanica classica sia stato attribuito un ruolo di primo piano nell'esprimere le condizioni "naturali" in cui si costituisce lo spazio fenomenico. Così, la derivata prima di una curva piana in un punto esprime la sua *pendenza o direzione*, ossia la velocità come gradiente di variazione dello spazio rispetto al tempo, mentre la derivata seconda esprime la *curvatura della curva*, vale a dire l'accelerazione come variazione della velocità nel tempo¹⁶⁶. Poiché nelle grandezze differenziali il punto è il limite degli infinitesimi contenuti in un segmento di curva preso a piacere, noi vediamo «la *direzione* dei segmenti di curva, e la *deviazione* della direzione di un segmento rispetto a un altro»¹⁶⁷. Se però saliamo a un ordine differenziale superiore al secondo – ad esempio, svolgendo la *derivata terza* che corrisponde allo "strappo" come gradiente di variazione dell'accelerazione –, ci accorgiamo che la visualizzazione non è più possibile, trattandosi solo di segmenti della *medesima curva* diversamente orientati in base a certe ver-

¹⁶³ Cfr. AS, pp. 114-115.

¹⁶⁴ Cfr. AS, p. 115.

¹⁶⁵ Cfr., a tal riguardo, le osservazioni di H. Weyl, *Symmetry*, Princeton University Press, Princeton 1952, trad. it. di G. Lopez, *La simmetria*, Feltrinelli, Milano 1981, pp. 26 sgg.

¹⁶⁶ Cfr. AS, pp. 116-117.

¹⁶⁷ AS, p. 117.

ticalità od orizzontalità che sono di «competenza dell'intelletto»¹⁶⁸. Le nostre sensazioni spaziali ci danno dunque solo «indicazioni su uguaglianza o disuguaglianza delle direzioni e uguaglianza o disuguaglianza delle dimensioni»¹⁶⁹.

La fenomenologia dello spazio che emerge da tali considerazioni si rivela però incompleta se non viene posta in relazione con il campo psichico del *soggetto* percipiente, in particolare con la struttura corporea in base alla quale essa assume un significato. La pretesa “naturalità” delle equazioni meccaniche, anche se fosse accertata, tiene dunque conto solo di *un lato* del processo di costituzione dell'esperienza spaziale, e precisamente di quell'aspetto che si rivela funzionale ai bisogni concettuali utili alla costruzione di apparati tecnici. A fronte di ciò, è possibile notare come l'integrazione *corporeo-psichica* della spazialità offra un riscontro dei valori di simmetria delle figure – da cui deriva la somiglianza o la dissomiglianza – nelle dimensioni appartenenti al nostro corpo, le quali si presentano disposte secondo *tre piani* (verticale, laterale e orizzontale) che, rispettivamente, tracciano la separazione tra destra e sinistra, davanti e dietro, alto e basso¹⁷⁰. Questi tre piani presentano infatti una gradazione decrescente di simmetria, la quale va dal piano mediano verticale, includente gli occhi e le mani, al piano laterale, che comprende la nuca e la parte frontale, fino al piano più asimmetrico di tutti, vale a dire il *piano orizzontale*, in cui la linea passante per la nostra “vita” (*taille*) non consente alcuna corrispondenza biunivoca tra le parti inferiori e superiori.

Tuttavia, sarebbe un errore credere che i diversi gradi di simmetria corporea rappresentino le condizioni sufficienti per fissare i correlativi livelli di congruenza e somiglianza percettiva. Se così fosse, le figure geometricamente disposte rispetto al piano verticale mediano degli occhi dovrebbero essere percepite come le più simili, poiché tale base percettiva è anche quella maggiormente simmetrica dal punto di vista fisiologico. Al contrario – nota

¹⁶⁸ *Ibid.* In realtà, è possibile *rappresentare* in un piano di coordinate la derivata dell'accelerazione rispetto al tempo, ossia la derivata di *terz'ordine* – corrispondente allo *strappo* – del vettore di posizione spaziale rispetto al tempo, ma non è possibile darne una *visualizzazione sensibile univoca*, come invece accade per la pendenza e la curvatura. Infatti, nello “strappo” si evidenziano punti angolosi e cuspidali che hanno più di una tangente, cioè presentano *direzioni diverse* che possono essere tenute insieme, per *somma logica*, solo in senso concettuale. Di conseguenza, anche la rappresentazione spaziale dello strappo nel piano di coordinate è di tipo concettuale. Cfr. a tal riguardo, J.C. Sprott, *Some simple chaotic jerk functions*, «American Journal of Physics», 65, 1997, 6, pp. 537-543; M. Visser, *Jerk, snap, and the cosmological equation of state*, «Classical and Quantum Gravity», 21, 2004, 11, pp. 2603-2616.

¹⁶⁹ AS, p. 117.

¹⁷⁰ Cfr. AS, p. 119.

Mach – noi percepiamo una somiglianza immediata tra figure della stessa forma disposte in sequenza nel medesimo *verso*, cioè tra figure che non sono simmetriche, ma solo *ripetitive*. Ciò conferma il fatto che le proprietà della *direzione* e del *movimento* siano prevalenti rispetto alle determinazioni geometriche, sebbene le forme ribaltate nel piano asimmetrico della “vita” (alto/basso) tendano, in generale, a farci percepire una maggiore dissomiglianza, la quale – ad esempio – impedisce ai bambini di scambiare la lettera “b” con la “p”¹⁷¹. Si noti che queste due lettere sono simmetriche, e quindi “simili”, rispetto a un piano orizzontale neutro e non orientato, mentre non sono congruenti nei confronti del piano orizzontale e orientato che divide il nostro corpo. Con la mediazione del campo topico-fisiologico (assunto come “sfondo”), vi è dunque un *fattore di somiglianza* che *cresce* in modo non sempre corrispondente al grado di simmetria, procedendo dal piano metrico (omnidirezionale) fino al vettore dinamico e orientato del campo topico-direzionale.

Ma vi è un altro elemento che determina lo scarto tra simmetria geometrica e percezione dell’identità spaziale: si tratta della *peculiare* distinzione tra destra e sinistra nel piano corporeo verticale. Questo piano è l’unico veramente simmetrico, perciò la *differenza* tra gli spazi e i movimenti che si svolgono nella parte destra e nella parte sinistra emerge con ancora maggior evidenza. Così, ad esempio, regolando una vite prima con la mano destra e poi con la mano sinistra, avvertiamo la *stessa* sensazione spaziale, ma se non fissiamo come riferimento il verso iniziale (cosa che non avviene in base a una proprietà sensibile, ma secondo l’abitudine e il confronto intellettuale), la vite subirà una rotazione fisico-geometrica in senso *inverso*¹⁷². Su questo punto, nota Mach, s’incrociano due questioni che, nel corso del tempo, hanno generato numerosi equivoci dovuti, ancora una volta, allo scambio tra proprietà fisico-geometriche e riscontri corporeo-psichici¹⁷³. Anzitutto,

¹⁷¹ Cfr. AS, p. 117.

¹⁷² Cfr. AS, p. 118. Si veda anche H. Weyl, *La simmetria*, cit., p. 23.

¹⁷³ Cfr. AS, p. 181. A questo proposito, trattando del problema della simmetria in riferimento alle oggettivazioni fisiche o “primarie”, Enzo Melandri osserva come spesso «siamo facilmente indotti a conclusioni che, se assunte in maniera irriflessa o indebitamente generalizzate, diventano fonti di innumerevoli fallacie: (i) che il soggetto sia già bell’e dato, cioè formato anteriormente a ogni esperienza o, in altre parole, che il *soggetto* sia *cis-fenomenico in sé*; (ii) che l’oggettivazione detta “primaria” sia tale in assoluto, e non in seguito a un processo costitutivo del suo relativo primato: ovvero che l’*oggetto* così ottenuto sia *trans-fenomenico in sé*». Infatti – conclude Melandri – «non dovrebbe essere necessario appellarsi all’autorità di un Avenarius o di un Husserl per capire come a ogni costituzione di oggettività si accompagnino condizioni soggettive atte a renderla possibile» (*L’analogia, la proporzione, la simmetria*, ISEDI, Milano 1974, pp. 167-168).

la simmetria è perfetta negli *schemi geometrici* (punto-a-punto) della verticalità corporea, ma non nella sua realtà fisiologica. Anche una piccola differenza, trascurata nella rappresentazione geometrica, può avere effetti cumulativi di rilievo in un movimento fisiologico sufficientemente grande, tale da creare una *tonalità di destra o di sinistra*. In questo senso – come ha evidenziato Tolstoj in un suo racconto – nel corso di una marcia protratta al buio in linea retta si producono effetti di curvatura circolare, simili a quelli di un tronco di cono che rotola su un piano¹⁷⁴. In secondo luogo, anche prescindendo dalle asimmetrie somatiche, per Mach è impossibile offrire una compiuta spiegazione *fisica* della direzione dello spazio. Si tratta del problema degli “opposti incongruenti”, che aveva impegnato Kant in un lungo confronto con le tesi di Leibniz a proposito della natura assoluta o relativa dell'orientamento di un corpo¹⁷⁵.

Due figure uguali, perfettamente simmetriche rispetto al piano geometrico che le divide, hanno la stessa forma e gli stessi rapporti tra le parti, ma tra tutte le “proprietà” che le caratterizzano ve n'è una che le distingue, vale a dire la loro *direzione*: una è rivolta verso destra, l'altra verso sinistra rispetto all'asse mediano. La direzione è dunque una proprietà *interna* o *esterna* alla figura? Si tratta di una domanda equivoca, a cui si può rispondere solo specificando il senso attributivo dell'“interiorità” e dell'“esteriorità”. Di solito, un attributo è “interno” quando si esprime in una predicazione *monadica*, cioè a un unico posto di argomento. L'oggetto che subentra come argomento “possiede” allora quell'attributo, il quale rappresenta dunque una *proprietà* in senso stretto, ovvero un carattere intensionale e costante che non dipende dal rapporto con altri oggetti. Al contrario, quando un attributo si esprime in una predicazione *diadica* o *poliadica* (a più posti di

¹⁷⁴ Cfr. AS, pp. 118-119.

¹⁷⁵ Cfr. I. Kant, *Von dem ersten Grunde des Unterschiedes der Gegenden im Raume* (1768), trad. it. di R. Assunto e R. Hohenemser, *Del primo fondamento della distinzione delle regioni nello spazio*, in Id., *Scritti precritici*, Laterza, Roma-Bari 1990, pp. 411-417. Su tale problema, cfr. L. Scaravelli, *Gli incongruenti e la genesi dello spazio kantiano*, «Giornale critico della filosofia italiana», XXXI, 1952, pp. 389-421, poi in Id., *Scritti kantiani*, La Nuova Italia, Firenze 1968, vol. 2, pp. 295-335; R.E. Frederick, J. Van Cleve (a cura di), *The Philosophy of Right and Left*, Kluwer, Dordrecht 1991; F. Mühlhölzer, *Das Phänomen der inkongruenten Gegenstücke aus Kantischer und heutiger Sicht*, «Kant-Studien», LXXXIII, 1992, pp. 436-453; P. Rusnock, R. George, *A Last Shot at Kant and Incongruent Counterparts*, «Kant-Studien», LXXXVI, 1995, pp. 257-277; A. Ferrarin, *Lived Space, Geometry Space in Kant*, «Studi kantiani», XIX, 2006, pp. 11-30; V. De Risi, *Geometry and Monadology. Leibniz's Analysis Situs and the Philosophy of Space*, Birkhäuser, Basel 2007, pp. 132 sgg.; F. Martinello, *Gli opposti incongruenti: un paralogismo kantiano?*, «Rivista di Storia della Filosofia», 66, 4, 2011, pp. 679-692; M.T. Catena, *Il terzo spazio. La posizione fenomenica e relativista di Kant*, «Scienza&Filosofia», 15, 2016, pp. 121-137.

argomento), esso indica una proprietà “impropria” o esterna, in quanto la parte costante si riduce a un segno di *relazione*¹⁷⁶. Riportando queste distinzioni alle proprietà spaziali, si vede subito quanto la loro exteriorità o interiorità possa risultare variabile e persino cambiare di segno.

Com'è noto, Leibniz considerava le figure spaziali come caratterizzate non da proprietà in senso stretto, ma da relazioni che istituivano un *ordine di coesistenza* tra le parti o con altre figure. Una curva, ad esempio, era definita mediante l'indicazione della sua equazione naturale, cioè dal rapporto di *posizione* di ogni suo elemento con il complesso degli altri elementi¹⁷⁷. Ciò valeva anche per il rapporto della curva con le altre curve, che costituivano così un *campo relazionale* di cui ogni curva era un elemento, allo stesso modo in cui ogni singola curva è il “campo” delle sue parti. Qui la *posizione* o il “luogo” spaziale comprende tutte le relazioni topiche del piano a cui la curva appartiene, e quindi anche le *direzioni* che, come “interazioni”, non costituiscono proprietà statiche, ma dinamiche. Dal punto di vista logico, la posizione, in quanto relazione, indica dunque una proprietà esterna, ma dal punto di vista fisico e spaziale è una proprietà interna. In tal senso, due figure simmetriche risultano perfettamente congruenti, a condizione però di non limitarsi a un moto individuale di traslazione o di rotazione, ma d'includere la figura nel *processo* di ribaltamento del suo “campo”, cioè del semipiano a cui appartiene, sicché l'elemento sovrapposto non perde la sua direzione, la quale viene anzi conservata nel cambiamento della faccia (superiore o inferiore) del piano. Se, ad esempio, la figura ha una direzione di sinistra, essa la conserva nella congruenza, poiché, nella sovrapposizione, appare orientata a destra, ma nella sua faccia opposta. Questa soluzione richiede tuttavia che – al di là dei presupposti metafisici su cui si fonda la dinamica leibniziana dello spazio – il ribaltamento avvenga ricorrendo a una *dimensione d'ordine superiore* al piano d'appartenenza: nel caso di una struttura bidimensionale, occorre uno spazio tridimensionale, e così via. Si tratta conclusioni che, pur non essendo esplicitamente svolte da Leibniz, è possibile ricavare dal suo modello dell'*analysis situs*¹⁷⁸, e che saranno fonte d'ispirazione per gli sviluppi successivi degli *spazi n-dimensionali*, quindi anche superiori a tre.

¹⁷⁶ Riguardo a questa distinzione logica tra “proprietà” e “relazioni”, cfr. R. Carnap, *Der logische Aufbau der Welt*, Weltkreis-Verlag, Berlin-Schlachtensee 1928, Meiner, Hamburg 1966³, trad. it. di E. Severino, *La costruzione logica del mondo*, UTET, Torino 1997, pp. 124 sgg.

¹⁷⁷ Cfr. *ivi*, p. 125.

¹⁷⁸ Cfr. G.W. Leibniz, *De Analysis Situs* (1693), in *Id. Mathematische Schriften*, vol. V, ed. by C.I. Gerhardt, Schmidt, Halle 1858, pp. 178-183.

Al contrario, assumendo la direzione come una proprietà in senso stretto, cioè *interna* alla figura, Kant intende necessariamente lo spazio che la include come qualcosa d'immutabile e unico, ossia non dislocabile. Tale figura non istituisce una relazione topica con lo spazio circostante, ma si trova nello spazio infinito e assoluto come un'impronta è contenuta nei suoi contorni, e può essere "strappata" da essi conservando però la direzione che aveva come parte dello spazio assoluto, il quale funge da "misura" della direzione stessa. Qui la figura o la sua "curva" viene descritta mediante l'indicazione dell'equazione delle coordinate assolute, e quindi dell'ordinata del punto appartenente ad ogni singola ascissa, che può risultare, invariabilmente, positiva o negativa. Dal punto di vista fisico e spaziale, la direzione è dunque una proprietà esterna, che Kant concepisce come interna in virtù della derivazione di relazioni fisiche da proprietà logico-formali. Così, ad esempio, in base ai contorni del "vuoto orientato" di uno specchio, i quali rimangono una volta tolta la figura, si può produrre mediante *proiezione* l'immagine simmetrica, ma non può esservi inserita l'effettiva figura simmetrica che occupa *l'altra parte* dello spazio corporeo esterno allo specchio, i cui contorni sono diversamente orientati. In tal modo, pur verificandosi un'"uguaglianza" formale, non v'è congruenza.

Secondo Mach, ognuna di queste concezioni ha dei pregi, ma anche un limite di fondo che le accomuna. Il merito della versione leibniziana consiste nell'assegnare allo spazio, ad ogni livello, una configurazione *topica*¹⁷⁹, mentre il guadagno che si può ottenere dall'accezione kantiana – e che Kant svilupperà nella *Critica della ragion pura* – si trova nel carattere *fenomenico* dello spazio, che rende conto dell'incongruenza tra i luoghi orientati nel rapporto tra l'intuizione empirica del dato sensibile e l'intuizione pura dello sfondo che lo condiziona. Ma accanto a ciò, entrambe cadono in difetto nel non considerare che la direzione è una "proprietà" delle figure – siano esse riferite a uno spazio relazionale oppure assoluto – solo in un senso subordinato al *rapporto* tra il corpo del soggetto percipiente e lo spazio circostante, un rapporto da cui non si possono mai ricavare le dimensioni e l'orientamento delle cose se tali "proprietà" non si rivelano nell'esperienza. Una mano è di destra se vista dall'occhio di chi la possiede, ma di sinistra se colta dall'occhio di chi le sta di fronte. A Kant – secondo cui nemmeno Dio

¹⁷⁹ Cfr. CE, p. 337: «Anche supponendo che lo spazio fisiologico sia innato, esso manifesta una concordanza troppo ridotta con lo spazio geometrico perché si possa vedere in esso un fondamento adeguato per una geometria *a priori* nel senso kantiano. Al massimo su di esso si potrebbe costruire una topologia». Ma sulla distinzione tra una configurazione topica dello spazio in senso leibniziano e una invece compiutamente topologica, cfr. V. De Risi, *Geometry and Monadology*, cit., p. 134.

potrebbe creare una mano che non sia esclusivamente di destra o di sinistra poiché, in tal caso, essa potrebbe attaccarsi a qualsiasi parte del corpo¹⁸⁰ – Mach può così replicare che non si tratta di una considerazione relativa alla semplice *forma* della struttura spaziale, ma alle *funzioni* dell'oggetto percepito nello spazio. In tal senso, l'introduzione di un *quarto piano* di coordinate può avvenire anche mantenendo la tridimensionalità euclidea dello spazio fisico: potremmo infatti immaginare che il dorso e le unghie della mano svolgano le funzioni del palmo e dei polpastrelli senza alterare l'ordine dello spazio. Accogliendo una serie di osservazioni svolte da Ernst Heinrich Weber¹⁸¹, Mach evidenzia come «colui che *vede*, traduce una figura che, al buio, gli venga lentamente disegnata sulla pelle, in un'*immagine visiva* grazie ai movimenti di cui ha sensazione, e immaginando di essere *lui stesso* a eseguire quei movimenti. Se, ad esempio, una figura che mi disegnano sulla fronte mi sembra una *R*, chi mi sta davanti deve scriverla così: *Ŕ*. Sul mio occipite dovrebbe essere scritta *R*, sullo stomaco *Ų*, affinché io possa riconoscere una *R* nei segni, immaginando di essere io stesso a scriverli»¹⁸².

2.6. Spazio e movimento

Come abbiamo visto, colore, forma, orientamento e direzione non potrebbero spiegare la costituzione fenomenica dello spazio se ad essi non si aggiungesse la percezione del *movimento*. Il movimento rappresenta infatti, in senso proprio, quella *quarta dimensione del mondo* che rende del tutto irriducibili le sensazioni spaziali a semplici *concetti* geometrici¹⁸³. A tal riguardo, Mach respinge la riduzione del movimento a considerazioni meramente cinematiche. Se, su un piano o in un volume, tracciamo una curva che raffigura il movimento, non disponiamo di alcun elemento in grado di rendere la percezione del moto di un corpo: in qualsiasi modo la curva si trovi nello spazio fisico-geometrico, le sue parti saranno sempre le stesse, poiché a uguali quantità percorse corrisponderanno grandezze uguali, men-

¹⁸⁰ Cfr. I. Kant, *Del primo fondamento della distinzione delle regioni nello spazio*, cit., pp. 416-417.

¹⁸¹ Cfr. E.H. Weber, *Über den Raumsinn und die Empfindungskreise in der Haut und im Auge*, Berichte über die Verhandlungen der königlich sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, Mathematisch-physische Classe, Weidmann, Leipzig 1852, pp. 85-164, in particolare p. 99.

¹⁸² CE, p. 335.

¹⁸³ Cfr. E. Mach, *Grundlinien der Lehre von der Bewegungsempfindungen*, cit., p. 85: «Lo spazio ottico viene riferito a un *secondo spazio* che costruiamo a partire dalle nostre sensazioni di movimento».

tre nello spazio percepito a parti più piccole possono corrispondere parti più grandi. In quest'ultimo caso, la distanza percorsa dev'essere posta in relazione con la lontananza e la vicinanza che si determina rispetto al piano laterale e asimmetrico che divide in nostro corpo nella direzione avanti-indietro. In tale piano, le linee geometriche della visione hanno un andamento *complementare*, simile al rapporto che lega una figura concava e una convessa. Così, se vi è sempre la possibilità di togliere l'incongruenza tra figure simmetriche, non vi è invece alcuna possibilità di eliminare l'incongruenza tra figure lontane e vicine, poiché l'avvicinamento della parte più lontana, nella medesima unità di spazio, comporta l'allontanamento della parte più vicina, nello stesso modo in cui l'assegnazione del limite della circonferenza alla superficie di un cerchio determina la chiusura dello spazio contenuto e la complementare apertura dello spazio circostante. Tale *complementarità percettiva* – per cui «la visione di oggetti lontani e quella di oggetti vicini sono condizionate da sensazioni diverse», sicché «le due sensazioni non devono essere scambiate»¹⁸⁴ – è anzitutto motivata da ragioni biologiche, essendo troppo importante per la vita dell'uomo e dell'animale distinguere tra oggetti lontani e vicini, che possono essere “afferrati” o “evitati”¹⁸⁵. Il movimento percepito, legato all'azione dell'essere vivente, ha dunque un'origine *dinamica* che spiega anche la sua più semplice rappresentazione cinematica.

A questo riguardo, Mach nota che quando un particolare interesse biologico o pratico viene meno, si modifica anche la struttura dinamica della percezione spaziale, come accade nelle figure ornamentali descritte da Owen Jones¹⁸⁶. Nella sua *Grammatica dell'ornamento*, Jones aveva infatti evidenziato come nelle decorazioni architettoniche si presentino *elementi* di carattere puramente estetico, legati al piacere della forma e del colore, i quali non rispondono ai bisogni determinati dalla struttura asimmetrica del soggetto della visione che si sposta avanti e indietro nello spazio, ma che sono conformi alla ripetizione, alla somiglianza e alla continuità in cui contano solo i rapporti di *proporzione* rispetto a un'unità semplice, assunta come base del movimento¹⁸⁷. Con riferimento ad alcune osservazioni svolte da Johannes Müller nel suo studio sui *Fenomeni fantastici della vista*¹⁸⁸, e anticipando i risultati delle indagini a cui, pochi anni dopo, giungeranno i mag-

¹⁸⁴ AS, p. 120.

¹⁸⁵ Cfr. AS, p. 175.

¹⁸⁶ Cfr. AS, p. 121.

¹⁸⁷ Cfr. O. Jones, *The Grammar of Ornament*, London, Day and Son, 1856, p. 5. Si veda anche, a tal proposito, LSP, p. 79.

¹⁸⁸ Cfr. J. Müller, *Über die phantastischen Gesichterscheinungen. Eine physiologische Untersuchung*, Hölscher, Coblenz 1826.

giori rappresentanti della *Gestaltpsychologie* – in particolare Max Wertheimer¹⁸⁹ –, Mach lega tale autonomia percettiva del movimento visivo, che dà rilievo all'unità corporea degli oggetti, al rapporto tra la comparsa di fenomeni fantastici, individualmente e unilateralmente condizionati, e la libera variazione, bilateralmente indifferente, a cui è soggetta la visione di uno stesso corpo quando la *ripetizione* dei suoi elementi (colore e forma) si configura all'interno di un complesso continuo di sensazioni. Mentre infatti la distinzione tra fenomeno reale e fenomeno fantastico nella *stessa* circostanza visiva fa sì che, per disgiunzione esclusiva, a uno debba essere assegnata la funzione di *sfondo* e all'altro la funzione di *figura*, senza che nessuno dei due abbia la possibilità di svolgere *insieme* entrambe le funzioni (come l'albero scuro nel cielo ancora chiaro del tramonto, che può essere inteso direttamente come figura *oppure* come sfondo per il cielo, facendoci così vedere un altro "oggetto"), al contrario in certi motivi ornamentali frequentemente utilizzati nelle decorazioni – dove la stessa forma si sussegue alternando due diversi colori –, la medesima figura rappresenta, *al tempo stesso*, lo sfondo e l'oggetto, essendo in questo caso impossibile separare unilateralmente i due effetti visivi¹⁹⁰.

Le osservazioni sulle figure ornamentali svolte da Jones offrivano così a Mach l'occasione per approfondire la distinzione tra i diversi tipi di movimento che, a partire dagli elementi delle figure (linee, segmenti, angoli, ecc.), determinavano la costituzione dello spazio fenomenico. Infatti, non si trattava solo di rimarcare l'irriducibilità di tale spazio ai concetti geometrici, ma soprattutto di cogliere l'origine *sensibile* di quei «fattori intellettuali» che, attraverso il movimento, si ritrovavano nella geometria¹⁹¹. In tal senso, la ripetizione, la continuità e la somiglianza dovevano essere considerati come casi particolari di una più profonda *dinamica spaziale*, la quale non opera con semplici meccanismi associativi o riproduttivi, ma mediante *processi di variazione* che coinvolgono il rapporto tra il corpo intero del soggetto percipiente e il mondo circostante.

Gli oggetti della vista si muovono nello spazio visivo solo stringendosi o allargandosi¹⁹². Se ora rappresentiamo questo processo in una *figura di cono*, è possibile, senza soluzione di continuità, passare dalla *varietà nulla* del punto alla *varietà singola* della retta, fino a giungere alla *triplice varietà* del volume attraverso la mediazione della *duplice varietà* della superficie che

¹⁸⁹ Cfr. M. Wertheimer, *Experimentelle Studien über das Sehen von Bewegung*, «Zeitschrift für Psychologie», 61, 1, 1912, pp. 161-265.

¹⁹⁰ Cfr. AS, pp. 121 e 195.

¹⁹¹ Cfr. AS, p. 124.

¹⁹² Cfr. CE, p. 330.

circonda la figura conica¹⁹³. Di conseguenza, il significato della preferenza accordata alla linea retta come mezzo di congiunzione tra luoghi spaziali distinti non dipende dalla sua maggiore brevità, ma dalla “semplicità fisiologica” del movimento indotto, il quale implica uno *scostamento minimo* dal centro di simmetria del corpo, e lo stesso vale per la superficie piana se si sale di una varietà nella dimensione¹⁹⁴. Ora, poiché la posizione degli occhi rappresenta al meglio la simmetria verticale che delimita l'intero spazio del corpo umano, c'è da attendersi che non solo la *sensazione dello spazio profondo* – per cui, ad esempio, la sensazione di lontananza trova un limite nella convergenza trigonometrica delle linee di visione, e la “volta” del cielo ci fa apparire alla stessa distanza tutti i corpi in essa contenuti –, ma anche la *sensazione di movimento* debba coinvolgere *tutto* il nostro corpo¹⁹⁵. Quando si fissa per un certo tempo un movimento uniforme a velocità costante – ad esempio, l'acqua di un fiume che scorre – ha luogo uno “scambio inerziale” in virtù del quale il soggetto che vede sembra muoversi in direzione opposta e l'acqua rimanere ferma¹⁹⁶. Anche senza ricorrere a differenti punti di riferimento, tale disorientamento viene tolto se ha luogo un'*accelerazione* che, pur non traducendosi in reali modificazioni tattili, riproduce per analogia nello spazio visivo la “pressione” effettiva che la *variazione di velocità* provoca sui corpi, permettendo di ristabilire il movimento iniziale dell'oggetto osservato. La variazione consente infatti di cambiare la forma percepita dell'oggetto che scorre, il quale sembrava in quiete a causa della sua uniformità, mentre il movimento percepito veniva trasferito dall'oggetto osservato al soggetto che osserva¹⁹⁷.

Ma in cosa consiste questa quarta dimensione dello spazio, resa possibile dal movimento e dall'attenzione, per cui non solo nello spazio visivo, ma anche in quello tattile e uditivo¹⁹⁸ riscontriamo valori *fluidi e qualitativamente distinti* che strutturano una sorta di “metageometria”¹⁹⁹ a fondamento della stessa geometria euclidea? In una serie di pubblicazioni apparse nell'ultimo ventennio del secolo, il matematico e scrittore inglese Charles Howard Hinton aveva suggerito che i punti che si muovono nello spazio potrebbero essere intesi come intersezioni successive, in disposizione qua-

¹⁹³ Cfr. CE, pp. 352, 354.

¹⁹⁴ Cfr. AS, p. 124.

¹⁹⁵ Cfr. AS, p. 145.

¹⁹⁶ Cfr. AS, p. 141.

¹⁹⁷ Cfr. AS, pp. 142 e 152.

¹⁹⁸ Cfr. AS, pp. 136-137.

¹⁹⁹ Cfr. CE, pp. 331 e 341.

dridimensionale, delle rette passanti per una figura tridimensionale²⁰⁰. Hinton – i cui scritti erano ben noti a William James e a Karl Pearson²⁰¹ – sviluppava queste osservazioni per analogia con la percezione volumetrica dello spazio visivo attraverso immagini retiniche che avevano solo una struttura bidimensionale, chiedendosi se, con opportuni accorgimenti, anche lo spazio sensibile kantiano, conforme a una struttura euclidea, non potesse essere ampliato a una dimensione superiore²⁰². Così, disponendo *caratteri cromatici* sulle superfici geometriche, Hinton rappresentava le forme quadridimensionali mediante *cubi multicolori* intesi come sezioni di un *tesseract* o “ipercubo”, cioè di una figura spaziale da lui conosciuta allo scopo d’includere nella percezione visiva alcuni fattori che non potevano esser ricavati dalla “triplice varietà” euclidea²⁰³.

Al di là delle complesse e inconsuete formalizzazioni matematiche a cui tale impresa doveva condurre – e che serviranno da stimolo per le riflessioni di Poincaré e Reichenbach sulle dimensioni spaziali²⁰⁴ – gli “iperspazi” di Hinton avevano un duplice vantaggio. Anzitutto, egli partiva da una costruzione molto semplice, che si richiamava alle “ombre” della Caverna di Platone, le cui forme bidimensionali indicavano un livello di realtà inferiore a quello dei corpi e degli oggetti sensibili, racchiusi in uno spazio tridimensionale²⁰⁵. Ciò infatti ci rende familiari con i *movimenti delle parti* che costituiscono i diversi livelli della realtà spaziale: muovendo un punto otteniamo una linea, muovendo una linea in senso ortogonale si produce un piano e,

²⁰⁰ Cfr. Ch.H. Hinton, *What Is the Fourth Dimension?*, in Id., *Scientific Romances*, vol. I, Swan Sonnenschein, Lowrey & Co., London 1884, pp. 3-32; Id., *A New Era of Thought*, Swan Sonnenschein & Co., London 1888; Id., *The Fourth Dimension*, Swan Sonnenschein & Co., London 1904.

²⁰¹ Cfr., a tal riguardo, E.L. Throesch, *Before Einstein. The Fourth Dimension in Fin-de-Siècle Literature and Culture*, Anthem Press, London 2017, pp. 10 sgg.

²⁰² Cfr. Ch.H. Hinton, *The Fourth Dimension*, cit., pp. 107 sgg.

²⁰³ Cfr. Ch.H. Hinton, *A New Era of Thought*, cit., pp. 100 sgg. Sugli ipercubi hintoniani, cfr. R. Rucker, *The Fourth Dimension. A Guided Tour of the Higher Universes*, Houghton Mifflin Company, Boston 1984, trad. it. di G. Longo, *La quarta dimensione. Un viaggio guidato negli universi di ordine superiore*, Adelphi, Milano, 1994, pp. 91-96.

²⁰⁴ Si veda, ad esempio, H. Reichenbach, *Filosofia dello spazio e del tempo*, cit., pp. 302-304. Reichenbach osserva come l’impiego del colore per la quarta dimensione possa servire per visualizzare, con una proprietà sensibile dello spazio a noi nota, ciò che sarebbe impossibile per esseri viventi tridimensionali. Così, due corpi tridimensionali, ma di colori differenti, potrebbero trovarsi nello stesso luogo dello spazio tridimensionale senza compenetrarsi. Solo nel momento in cui i loro colori diventassero identici «potremmo finalmente udire il suono della loro collisione». Allo stesso modo, «se imprigioniamo un certo numero di mosche in una sfera di vetro rossa, esse possono ancora scappare: possono cioè cambiare il loro colore in blu ed essere allora in grado di attraversare la sfera rossa» (ivi, p. 303).

²⁰⁵ Cfr. Ch.H. Hinton, *The Fourth Dimension*, cit., pp. 2-3.

da questo, possiamo giungere con lo stesso metodo a un volume d'ordine superiore al piano²⁰⁶. Nonostante la sua apparenza meccanica e concettuale, tale costruzione – notava Hinton – si poteva ottenere anche considerando i caratteri sensibili degli oggetti che appartengono alla nostra quotidianità. Così, alcune spade, assimilate ai segmenti di una retta, possono essere disposte in una serie lineare e unidimensionale per brillantezza, ma se si aggiungono altre qualità – ad esempio, la lunghezza e l'affilatura – si ottengono rappresentazioni spaziali con dimensioni crescenti rispetto alla linea. Volendo poi aggiungere un quarto carattere, come il peso o il colore, è necessaria una quarta dimensione dello spazio, sicché, in conclusione, «indicheremo la natura dello spazio quadridimensionale dicendo che esso è tale da consentire una posizione per *quattro distinte qualità*, così come uno spazio tridimensionale dà posizione a *tre qualità*»²⁰⁷.

Il secondo vantaggio del *tesseract* di Hinton consisteva nel rappresentare la varietà quadridimensionale dello spazio senza un ricorso diretto a fattori temporali. Anche se egli aveva aperto la strada per includere il tempo e lo spazio in un'unica “varietà pluriestesa” – come di lì a poco accadrà per le “linee del mondo” di Hermann Minkowski²⁰⁸ –, le sue considerazioni puramente spaziali si rivelavano del tutto coerenti e nient'affatto paradossali, poiché non implicavano una “riduzione” della qualità temporale allo spazio, così come la rappresentazione del colore tramite un *indice* spaziale non comporta che il colore si risolva nell'estensione. Al contrario, è proprio la qualità contenutistica del colore – o del tempo – a consentire di aggiungere allo spazio una *nuova* dimensione. D'altra parte, tali considerazioni erano in linea con quanto aveva già evidenziato Fechner a proposito dell'assurdità di chi, vivendo in due dimensioni, «ritenesse impossibile che per un punto si possano tracciare più di due rette disposte in modo perpendicolare», sicché «il mondo non dovrebbe essere in grado di contare più di due o di tre»²⁰⁹.

²⁰⁶ Cfr. *ivi*, pp. 3-4.

²⁰⁷ *Ivi*, p. 5.

²⁰⁸ Cfr. H. Minkowski, *Raum und Zeit*, «Physikalische Zeitschrift», 10, 1909, pp. 104-111, in *Id.*, *Gesammelte Abhandlungen*, Teubner, Leipzig-Berlin 1911, Bd. II, pp. 431-444.

²⁰⁹ Cfr. G.Th. Fechner, *Der Raum hat vier Dimensionen*, in *Id.*, *Vier Paradoxa*, von Dr. Mixes, Voss, Leipzig 1846, pp. 15-40, in particolare p. 25; cfr., a tal riguardo, CE, p. 440, nota. Nel medesimo passo, Mach menziona anche lo studio di Melchior Palágyi, *Neue Theorie des Raumes und der Zeit. Die Grundbegriffe einer Metageometrie*, Engelmann, Leipzig 1901, in cui si osserva che «il nostro pensiero è libero di indicare ciò che viene scelto come elemento di una molteplicità. Se, come elemento dello spazio, non consideriamo il punto ma la retta, lo spazio si manifesterà come quadridimensionale in relazione a quest'elemento, poiché la posizione di una retta spaziale sarà, in tal caso, analiticamente determinata mediante quattro costanti» (*ivi*, p. 42).

In tal senso, Mach concludeva la sua indagine sulle sensazioni visive inoltrandosi – come già aveva fatto Hering – nella «profondità psichica del processo di visione»²¹⁰. Se lo spazio *dioottrico*, in ragione della triplice innerizzazione che corrisponde ai tre piani del corpo umano, presenta un rapporto di *affinità geometrica* con la triplice varietà dello spazio euclideo, per lo spazio della *percezione visiva* ci si deve invece richiamare a una sorta di “prospettiva in rilievo”, come se si trattasse di un «secondo spazio, in cui ruota lo spazio visibile, anche se nessuna particolarità ce ne rivela l’esistenza»²¹¹. Tale prospettiva, non conforme alle sole linee di proiezione geometrica, dipende infatti dalle deformazioni d’ingrandimento e rimpicciolimento che gli oggetti percepiti subiscono quando sono colti da vicino o da lontano, e in cui anche le linee rette manifestano diversi gradi e forme di *curvatura*²¹². Così, le posizioni e le azioni dell’osservatore che, teleologicamente, producono situazioni di avvicinamento o di allontanamento²¹³, determinano anche certe differenze percettive – come quella, già evidenziata, tra la “concavità” e la “convessità” dello spazio –, le quali non solo non trovano immediato riscontro nell’isotropia euclidea, ma, al contrario, accostano la condizione psichica della visione «assai più a certe creazioni della geometria non-euclidea»²¹⁴. Si tratta di una «localizzazione del movimento e dell’attenzione»²¹⁵ in virtù della quale, per una disposizione *economica* connessa alla condotta di vita dell’essere vivente, «ogni area sensoriale acquista una sua propria memoria, con un proprio ordinamento spaziale»²¹⁶.

Questi fenomeni risultano particolarmente evidenti se si considera che la visione, posta al servizio della vita, tende a certi scopi e, in primo luogo, a *fixare rigidamente* i corpi nello spazio, colti nella loro unità in virtù dell’importanza che per noi – ma anche per gli altri animali – rivestono la costanza e la continuità delle cose. Perciò, quando rivolgiamo il nostro sguardo interessato verso qualcosa, non percepiamo in prima istanza colori e forme, ma *corpi unitari nello spazio*, e se tale complessità unitaria si presenta incompleta, essa viene integrata sulla base di abitudini o di fini particolari²¹⁷. Ciò detto, è possibile spiegare come dalla struttura dinamica e localizzata dello spazio sensibile si origini la configurazione statica e universale dello spazio geometrico. Se non potessimo abbandonare la nostra posi-

²¹⁰ Cfr. AS, p. 164.

²¹¹ AS, p. 139.

²¹² Cfr. AS, p. 163.

²¹³ Cfr. AS, p. 173.

²¹⁴ Cfr. AS, p. 172.

²¹⁵ CE, p. 338.

²¹⁶ AS, pp. 174-175.

²¹⁷ Cfr. AS, p. 191.

zione, né cambiare il nostro orientamento, non saremmo mai giunti a rappresentarci lo spazio euclideo. Quest'ultimo è infatti infinito, omogeneo e isotropo, ha cioè le stesse proprietà in tutte le direzioni, mentre lo spazio sensibile è finito, anisotropo e triclino, ossia è dotato di un basso grado di simmetria che porta alla convergenza dei contenuti percettivi in piani che appaiono invalicabili, come la volta appiattita del cielo, i confini dei suoni udibili o le soglie assolute delle sensazioni tattili²¹⁸. Tuttavia, spostando il nostro corpo a piacere nello spazio, ci accorgiamo di poter eseguire *ovunque* e in tutte le direzioni gli stessi movimenti, riproducendo le medesime grandezze e distanze. Così, anche se non percepiamo più lo stesso spazio locale, percepiamo sempre *identiche variazioni dei valori spaziali*. Le figure ornamentali di Jones o le linee parallele e verticali esaminate da Friedrich Schumann²¹⁹ e disposte in una sequenza ripetitiva “a staccionata”, non hanno dunque solo la proprietà di produrre un risultato psichico, tale da farci *sentire* l'unità formale dello spazio, ma anche un effetto *fisico*, in grado cioè di offrire quelle *condizioni relazionali* su cui si costituisce la concettualizzazione geometrica. Il geometra – nota Mach – non fa che trarre le conseguenze da questa capacità di ripetizione dei valori spaziali attraverso il movimento: egli ci dice, infatti, «che in tutte le direzioni, e a partire da qualunque punto nello spazio, è possibile eseguire le stesse costruzioni»²²⁰. Ciò rivela non solo l'*uniformità*, ma anche «l'*inesauribilità*, la *ripetibilità* illimitata e la possibilità di *continuare* all'infinito certe esperienze spaziali»²²¹.

A questo riguardo, vanno però eliminati alcuni equivoci che sorgono da un'errata “derivazione” dello spazio geometrico da quello fisiologico-sensibile. Anzitutto, potrebbe sembrare che, in virtù della sua maggiore originarietà, lo spazio fisiologico, più vicino all'esperienza, sia *più reale* di quello che regola i rapporti tra i corpi esterni. Di conseguenza, la maggiore “realtà” di questo spazio, in quanto legato alla struttura dell'essere vivente, sarebbe altresì caratterizzata da un più alto grado di *soggettività*, finendo in tal modo per separare la realtà empirica dall'oggettività. In secondo luogo, in base a tale concezione, lo spazio esterno, isotropo e comune a tutti, sarebbe ottenuto *per astrazione* dallo spazio soggettivo, configurando così una sorta di *concetto spaziale* con un valore conoscitivo autentico, irriducibile ai caratteri che si presentano nello spazio sensibile. Secondo Mach, tali con-

²¹⁸ Cfr. AS, p. 172.

²¹⁹ Cfr. F. Schumann, *Beiträge zur Analyse der Gesichtswahrnehmung* (1900), Barth, Leipzig 1904, p. 7, dove si evidenzia come ogni coppia di linee rette, sufficientemente distanziata dalle altre o messa in rilievo mediante lo spessore dei tratti, formi un'unità, in modo simile alla configurazione di una palizzata o di una staccionata.

²²⁰ CE, pp. 340-341.

²²¹ CE, p. 341.

clusioni si basano su una nozione di astrazione, e del processo d'induzione a cui essa fa riferimento, che non corrisponde all'effettiva costituzione dello spazio fisico-geometrico. Infatti, il continuo riscontro di identiche variazioni di valori spaziali non significa che lo spazio isotropo non abbia una direzione, ma solo che, *in qualsiasi direzione ci muoviamo, riscontriamo lo stesso genere di relazioni*. Con ciò si dice dunque che le variazioni non determinano le posizioni, ossia che le corrispettive relazioni non possono decidere quali termini vengano relazionati²²². D'altra parte, anche nello spazio sensibile riscontriamo complessi variabili di relazioni, con la differenza che – in questo caso – le posizioni sono già date dal riferimento alla forma del corpo organico²²³. Se ci limitiamo alle relazioni interne, vi sarà sempre una direzione assoluta che regola la differenza fra l'alto e il basso, ma se si estende il complesso delle relazioni al rapporto tra il nostro corpo e il mondo circostante, anche le direzioni possono cambiare. Ponendoci ad esempio con la testa in basso, la parte inferiore del piano orizzontale rovesciato che comprende le nostre gambe apparirà *in alto*, anche se possiamo sempre ritenere come *isolato* il sistema delle relazioni che definiscono, reciprocamente, le posizioni delle parti del corpo, e continuare a considerare le gambe *in basso*. Ogni struttura relazionale è un fenomeno, ha cioè una sua propria legalità oggettiva, e il fatto che assegniamo l'oggettività allo spazio isotropo e la soggettività a quello anisotropo non dipende dal fenomeno in sé, ma dagli scopi circostanziati in cui tali spazi assumono un certo valore conoscitivo.

D'altronde, nota Mach, il modo stesso in cui, storicamente, è stato rappresentato lo spazio omogeneo della geometria, insieme ai simboli matematici che servono a definirlo, conserva tracce rilevanti del fatto che soggettività e oggettività siano solo prospettive complementari che si integrano a vicenda. La *struttura delle equazioni*, con cui esprimiamo la posizione di un corpo su un piano, non riguarda la curva particolare alla quale il corpo appartiene, ma la *famiglia* che contiene le infinite curve particolari e affini. Essa non ha dunque una direzione specifica, allo stesso modo in cui la serie dei numeri naturali può essere percorsa in un verso o nell'altro, senza che cambino i rapporti tra i numeri. Ma noi manteniamo l'attenzione sulla *direzione*, che deriva dalle nostre proprietà fisiologiche, «distinguendo tra coordinate positive e negative, per cui si conta verso destra e verso sinistra, sopra e sotto, e così via»²²⁴. Così come, introducendo un *quarto piano di coordinate*, abbiamo la possibilità di liberarci dai segni matematici positivi e negativi che definiscono la tradizionale geometria delle coordinate cartesiane-

²²² Cfr. CE, p. 348.

²²³ Cfr. CE, pp. 332-333.

²²⁴ CE, p. 344.

ne, siamo anche in grado, mediante una *nuova qualità contenutistica*, di liberare lo spazio sensibile dal costante ricorso ai momenti fisiologici che articolano la triplice varietà dei nostri piani corporei²²⁵. L'oggettività dello spazio euclideo, che possiamo concettualmente pensare, non contiene dunque una molteplicità per principio maggiore – o più astratta – dello spazio sensibile e “soggettivo” che possiamo percepire. L'obiezione secondo cui tra due righe dello spettro di Fraunhofer possiamo pensare infinite righe intermedie, mentre non riusciamo a vedere più di un certo numero di sfumature di un colore, trascura il fatto che, quando ci riferiamo ai valori numerici differenziali che separano due lunghezze d'onda, non intendiamo con ciò fissare una quantità infinitamente piccola, ma *un campo relazionale che indica cosa accadrebbe se eseguiamo, in continuità, una procedura simile nel passaggio dalla prima grandezza differenziale alle successive*, sicché lo stesso argomento può essere ripetuto per la sensazione: anche i valori sensibili vengono percepiti nel rapporto dinamico con altri valori dello stesso genere, e abbiamo sempre la possibilità di scoprire nuovi indici per altre relazioni.

L'importanza della direzione e del movimento, che ricaviamo dalle tre direttrici del nostro corpo, si rivela dunque non solo nelle più semplici nozioni matematiche applicate allo spazio geometrico, come l'opposizione tra numeri positivi e negativi, ma si pone anche a fondamento degli sviluppi più profondi e articolati del calcolo²²⁶. Se ci muoviamo in *una sola* dimensione, allora l'opposizione tra positivo e negativo ci rende compiutamente il senso della grandezza, poiché la direzione della linea è sempre la stessa e cambia solo il verso. Compiendo ad esempio due passi avanti e tre indietro, otterremo una grandezza negativa (così come, nella somma algebrica, un debito supera un credito), e possiamo trascurare la direzione che si presenta come una *costante*. Ma già se ci muoviamo su una superficie bidimensionale, tale opposizione non è più sufficiente, poiché la *direzione* è una *variabile* che dev'essere inclusa nel calcolo.

Ora, in tutte le operazioni aritmetiche lineari con numeri si deve rispettare la *regola del segno*, sia per la somma, sia per la moltiplicazione, ma ciò non vale per le operazioni che indicano una superficie, poiché un'area avrà sempre una grandezza positiva che dipende dal prodotto di numeri presi senza segno, ed è indipendente dal quadrante positivo o negativo in cui l'area si trova rispetto al piano delle coordinate. Come facciamo, allora, a sapere la *direzione* e il *verso* nei quali si svolge il movimento? Se ci si attiene al calcolo aritmetico, per cui ogni numero ha sempre una potenza quadrata positiva, ne risulta il paradosso secondo cui l'operazione inversa, cioè la ra-

²²⁵ Cfr. *ibid.*

²²⁶ Cfr. *ibid.*

dice quadrata di un numero negativo, «deve in prima istanza rivelarsi *impossibile, immaginaria*, e di fatto la si è pensata a lungo impossibile, com'è a lungo accaduto con i numeri negativi»²²⁷. Nella seconda metà del Seicento, John Wallis aveva però intuito che tale grandezza immaginaria può essere intesa come la *media proporzionale* tra due unità di segno opposto, offrendo così le basi per una soluzione geometrica alla radice di un numero negativo²²⁸. Tuttavia, solo riferendo la proporzionalità alla direzione, oltre che alla grandezza, è possibile dare un significato all'espressione algebrica $(\sqrt{-1})$. Si tratta – nota Mach – dell'origine del *piano complesso di Argand-Gauss*, in base al quale l'espressione che contiene l'unità immaginaria ha il significato di un *vetto*re: «dal punto di partenza, *giungiamo* al punto d'arrivo del *vetto*re *procedendo* in una direzione per il segmento *a*, poi per il segmento *b* nella direzione *perpendicolare*»²²⁹.

Tali elementi più complessi del calcolo sono inquadrati da Mach all'interno di ciò che egli definisce come lo “sviluppo naturale” della geometria, a partire dall'importanza primaria che gli oggetti fisici rivestono nel rapporto con i corpi degli esseri viventi²³⁰. Questi si presentano, infatti, come complessi di sensazioni sensoriali (qualitative) e di sensazioni spaziali, a cui è affidato il compito di localizzare gli oggetti (la quantità delle posizioni occupate) e di determinarne la grandezza e il volume, che «corrispondono alla quantità di soddisfazione del bisogno, e hanno quindi un significato biologico»²³¹. Nel contatto con i corpi fisici, le superfici, anche se vengono percepite per prime, sono solo i momenti *astratti* dell'esperienza sensibile, mentre la loro pienezza materiale nel “solido” costituisce il momento *concreto*. Da qui sorge la tendenza a vedere i corpi come persistenti, stabili nello spazio e indistruttibili, sicché non solo l'estensione, ma anche le singole proprietà sensoriali (colore, figura, suono, ecc.) assumono una *sostanzialità spaziale* che ci consente di conoscere gli oggetti fisici come corpi rigidi²³². Mach nota che se ci sforzassimo di fare astrazione da ogni conoscenza preliminare, di tipo fisico, matematico o geometrico, e facessimo attenzione al-

²²⁷ CE, p. 325.

²²⁸ Cfr. J. Wallis, *A Treatise of Algebra, both Historical and Practical*, London 1685, vers. lat. *De algebra tractatus, historicus & practicus*, Oxoniae, Theatrum Sheldonianum Oxford 1693, capp. 66-69. Su ciò, si vedano D.A. Kearns, *John Wallis and Complex Numbers*, «The Mathematics Teacher», 51, 5, 1958, pp. 373-374; J.A. Stedall, *The Discovery of Wonders: Reading Between the Lines of John Wallis's Arithmetica infinitorum*, «Archive for History of Exact Sciences», 56, 1, 2001, pp. 1-28.

²²⁹ CE, pp. 325-326.

²³⁰ Cfr. CE, p. 346.

²³¹ CE, p. 347.

²³² Cfr. AS, p. 179; CE, p. 347.

la rappresentazione immediata dello spazio, ci accorgeremmo che esso ci appare come un sistema di *cubi trasparenti a contatto e penetrabili*, attraverso cui passano, come ombre, i corpi materiali²³³. La geometria nasce così confrontando due corpi che riteniamo invariabili in questo spazio *tessellato*, poiché lo stesso movimento che possiamo compiere rispetto a uno di essi, e che ne determina la variazione, può essere compensato da un movimento complementare rispetto all'altro corpo, in modo da produrre – come aveva rilevato Gauss – una contiguità spaziale a forma di foglio infinitamente sottile e flessibile²³⁴. Quest'integrazione fra due movimenti opposti non è solo all'origine della nozione di “misurazione” che si ottiene eleggendo uno dei corpi a parametro, ma permette anche la costituzione degli elementi geometrici fondamentali – come la retta e il piano – operando una progressiva riduzione delle differenze materiali a vantaggio di una semplicità e di un'uniformità formale.

In tal senso, Mach presenta il cosiddetto “metodo dei tre corpi” come base di quel “principio pragmatico dell'ordine spaziale” che sarà successivamente sviluppato da Hugo Dingler²³⁵. Se si prendono tre corpi e li si leviga reciprocamente, si ottengono superfici perfettamente collimanti, sicché il piano che ne risulta eliminando ogni concavità o convessità rappresenta la superficie minima delimitata da una linea retta²³⁶. Su questa superficie si possono svolgere tutte le più elementari operazioni geometriche e, attraverso torsioni e piegamenti, ottenere le figure via via più complesse. Tali figure schematizzano sia i corpi delle nostre esperienze attuali, sia i corpi delle esperienze possibili che conseguono da processi di variazioni illimitate della superficie minima euclidea, a curvatura zero. A tal riguardo, Mach evidenzia tuttavia come, in quest'ultimo caso, non si tratti di esperienze effettive che possiamo svolgere in continuità con gli elementi dello spazio euclideo ottenuti mediante operazioni di levigazione dei corpi, ma solo di esperienze *ideali*, poiché, se con la variazione introduciamo un *quarto elemento* – ad esempio, il colore che corrisponde alle sensazioni cromatiche di Hinton –, manca la possibilità di confrontare tra loro le parti, come invece avviene per le distanze e i volumi dei corpi fisici con cui, di solito, abbiamo a che fare²³⁷. In altri termini, se potessimo operativamente eseguire una misura di curvatura per uno spazio a quattro dimensioni, sarebbe senz'altro consentito passare al caso più particolare dello spazio tridimensionale con le medesime

²³³ Cfr. CE, p. 375.

²³⁴ Cfr. *ibid.*

²³⁵ Cfr. H. Dingler, *Il metodo della ricerca nelle scienze*, cit., p. 164.

²³⁶ Cfr. CE, p. 363.

²³⁷ Cfr. CE, p. 386.

congruenze – essendo quest’ultimo un caso limite degli spazi non-euclidei, i quali coincidono con lo spazio euclideo nell’infinitamente piccolo²³⁸ –, ma l’operazione inversa «include in sé una certa dose di arbitrio, ed è naturale che qui i vari studiosi (Riemann, Kronecker) abbiano imboccato vie diverse»²³⁹.

A conclusione della sua indagine sulle sensazioni spaziali, Mach tenta di applicare ai fenomeni della percezione visiva, alla cui costituzione concorrono aspetti psichici, fisici e fisiologico-ottici, i risultati fin qui conseguiti in riferimento alla dimensione, alla posizione e al movimento²⁴⁰. Se l’oggetto spaziale fosse il frutto di un’elaborazione intellettuale che conferisce unità agli elementi (colori, forme, luci, ombre, ecc.), dovremmo aspettarci di ritrovarli nel complesso del fenomeno percepito, sebbene in una modalità modificata dalla relazione di unità. In realtà, la “vita autonoma” degli organi di senso fa sì che noi percepiamo immediatamente *corpi nello spazio*, mentre gli elementi appaiono solo quando l’integrità corporea dell’oggetto viene tradotta in una dimensione che non appartiene al fenomeno²⁴¹. Così, un corpo ci appare di solito come un volume in corrispondenza alle nostre tre direttrici fisiologiche, e gli elementi concorrono in modo implicito a definirne la corporeità. In tal senso, ad esempio, non percepiamo né il colore in sé (x), né in funzione ($f(x)$) con gli altri elementi, ma l’intero corpo nella sua equazione funzionale $f(x, y, z, \dots) = 0$. Se però, come in un disegno o in una lastra fotografica, l’immagine del corpo viene riportata su un *piano bidimensionale*, notiamo quegli elementi – in particolare le luci e le ombre – che in prima istanza non avevamo osservato e che hanno ora lo scopo di rendere il senso della profondità e della distanza tra le parti dell’oggetto che in precedenza erano perfettamente integrate nella visione stereoscopica tridimensionale.

Tali ombreggiature servono infatti a modellare e a integrare tridimensionalmente il corpo osservato, laddove la semplice visione bidimensionale non è sufficiente a farci cogliere le condizioni di unità e di rilevanza in cui tale corpo appare davanti a noi. In un foglio piegato o in un libro aperto sulla scrivania, una parte appare più chiara o più scura, interna o esterna, a seconda che lo spigolo di piegamento o il bordo sia percepito come rivolto verso di noi (sia cioè sensibilmente “più vicino”) oppure si rivolgano a noi i lati esterni (e quindi lo spigolo sia sensibilmente “più lontano”), anche se l’immagine geometrica, *posta sempre sullo stesso piano bidimensionale senza*

²³⁸ Cfr. CE, p. 408.

²³⁹ CE, p. 392.

²⁴⁰ Cfr. AS, p. 191.

²⁴¹ Cfr. *ibid.*

ombreggiamenti, può essere arbitrariamente variata in un senso o nell'altro²⁴². In altri termini, mentre nella percezione immediata del corpo tridimensionale non notiamo gli effetti di chiaroscuro anche se sono materialmente presenti, nella percezione a dimensione modificata li possiamo invece notare, benché non compaiano dal punto di vista fisico e geometrico. Essi servono infatti a rendere *continua* quella consistenza corporea che manca nella nuova dimensione. Se invece sono presenti intersezioni oblique e linee curve, il foglio o la pagina del libro appaiono incurvati, dando l'impressione di profondità, di spessore, e persino di movimento, come in una bandiera²⁴³.

Luminosità e profondità, prossimità e distanza si condizionano quindi in maniera reciproca non solo in base alla posizione dei corpi, ma anche per quegli aspetti biologicamente condizionati che ci portano a dare rilievo alla *continuità del mondo*, come se gli organi di senso, rispettando una sorta di «principio di conservazione dell'energia», avessero a tal riguardo la capacità di comporsi e scomporsi indipendentemente dalla struttura formale del complesso corporeo a cui afferiscono²⁴⁴. Nulla vieta, infatti, che ciò che si presenta come un "dato" sensibile elementare possa essere *complesso*, cioè dotato di una struttura interna, o persino composto da più fenomeni²⁴⁵. Per converso, una molteplicità di fenomeni può senz'altro dar vita a una composizione d'insieme – non importa quanto organizzata in una certa forma sintetica – individuabile come un'unità elementare e denotabile per contrasto rispetto ad altri elementi simili²⁴⁶.

In tal senso, un complesso, per quanto dotato di una propria "figuralità", è per Mach una sensazione elementare come tutte le altre, sicché non si può mai dire che, preso in sé, esso sia qualcosa *di più* dell'insieme aritmetico delle sue parti. Infatti, il carattere "totalizzante" del complesso, che ne determina la superevenienza rispetto alle parti, è solo una delle *possibili combinazioni* degli elementi subordinati, e precisamente è quella combinazione che si configura come il loro *prodotto logico*, equivalente all'*intersezione* degli insiemi a cui appartengono. Che tale prodotto si verifichi, non può essere deciso a partire dalle possibili relazioni logico-ontologiche tra le parti e il tutto. Un complesso corporeo è di solito conforme – secondo la

²⁴² Cfr. AS, p. 192.

²⁴³ Cfr. AS, pp. 203-204.

²⁴⁴ Cfr. AS, pp. 191 e 194.

²⁴⁵ Cfr. AS, pp. 37-41.

²⁴⁶ Cfr. AS, p. 41. Si vedano anche, a tal riguardo, le critiche di Mach a Fechner a proposito della «percezione aggregata come somma delle singole percezioni» in E. Mach, *Vorträge über Psychophysik*, cit., pp. 11 sgg. Su ciò, cfr. W.W. Swoboda, *Physik, Physiologie und Psychophysik – Die Wurzeln von Ernst Machs Empiriokritizismus*, in R. Haller, F. Stadler (hrsg. von), *Ernst Mach – Werk und Wirkung*, cit., pp. 356-403, in particolare p. 400.

definizione di Cassirer – alla *logica lineare della serie*²⁴⁷, per cui il prodotto finale non compare finché, per effetto cumulativo, non sia stata inclusa nell'insieme anche l'ultima parte. Ma un effetto cumulativo con la medesima cardinalità potrebbe ottenersi anche in altro modo, ad esempio attraverso una *somma logica*, in cui l'insieme risultante sia l'*unione disgiuntiva* delle parti. In tal caso, la composizione finale si raggiunge *per vie diverse*, così come, in una superficie bidimensionale definita secondo un piano di coordinate, la forma di un quadrato può essere ottenuta partendo dalla posizione che occupa uno dei suoi vertici. Ciò detto, resta comunque il fatto che, sia a livello psichico-sensibile, sia sul piano fisico-corporeo, esistono insiemi di elementi che possono comporsi originando non solo una crescita del grado formale, ma anche una sua diminuzione e sottrazione. Infatti, nella suddetta totalità disgiuntiva, la figura prodotta è inferiore alla somma (aritmetica) delle sue parti, nella misura in cui esse offrono *alternative di composizione* che non compaiono nel risultato figurale finale.

Per Mach, accanto alle qualità figurali, descritte nel 1890 da Christian von Ehrenfels come totalità *superiori* all'insieme numerico delle parti²⁴⁸, esistono dunque anche *qualità antifigurali* che, rispetto alle prime, si presentano come amorfe e prive di struttura²⁴⁹. In realtà, la loro strutturazione è garantita dalla *logica delle relazioni* che include anche i casi delle composizioni *sottrattive*. È bene osservare che questa fundamentalità delle relazioni, le quali manifestano una strutturazione matematica già a livello sensibile, consente a Mach di tenere separato il piano logico da quello psicologico dell'insieme relazionale, evitando così di ricorrere al “principio di coincidenza parziale” tra relazione e complesso oggettuale che, sulla scorta di Ehrenfels, Alexius Meinong aveva formulato allo scopo di assegnare al secondo – da lui definito come “complessione” – un livello ontologico di ordine diverso rispetto al semplice insieme delle relazioni formali²⁵⁰. In tal

²⁴⁷ Cfr. E. Cassirer, *Sostanza e funzione. Ricerche sui problemi fondamentali della critica della conoscenza*, cit., p. 25.

²⁴⁸ Cfr. Ch. von Ehrenfels, *Über Gestaltqualitäten*, «Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Philosophie», XIV, 1890, pp. 249-292; trad. it. di E. Melandri, *Le qualità figurali*, in A. Meinong, *Gli oggetti d'ordine superiore in rapporto alla percezione interna*, Ch. von Ehrenfels, *Le qualità figurali*, Parerga, Faenza 1979, pp. 111-141.

²⁴⁹ Sul problema machiano delle “qualità antifigurali” e dell’“afigurabilità” degli elementi, cfr. E. Melandri, *Anonimo salisburghese. Sulle proprietà percettivamente vuote ovvero prive di qualità figurale*, in Id., *Sette variazioni in tema di psicologia e scienze sociali*, Pitagora, Bologna 1984, pp. 179-212, in particolare pp. 185-195.

²⁵⁰ Cfr. A. Meinong, *Über Gegenstände höherer Ordnung und deren Verhältnis zur inneren Wahrnehmung*, «Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane», XXI, 1899, pp. 182-272, rist. in Id., *Gesamtausgabe*, Bd. II, *Abhandlungen zur Erkenntnistheorie und Gegenstandstheorie*, hrsg. von R. Haller, R. Kindinger, R.M. Chisholm, Akademische Druck- u.

senso, Meinong si era avvalso del campo psichico della "totalità" o della "fusione" delle parti come ciò che caratterizza, in modo esclusivo, la complessione rispetto alla relazione. Tuttavia, dovendo garantire la corrispondenza tra il piano psicologico e il piano ontologico, la teoria meinonghiana delle relazioni era costretta ad adottare una logica denotativa ed estensionale che richiedeva di distinguere tra il *senso distributivo* e il *senso collettivo* delle parti componenti il tutto²⁵¹. In questa prospettiva, la "complessione" meinonghiana corrisponderebbe solo al prodotto logico, ossia al senso collettivo della totalità superiore, mentre per Mach il senso collettivo può ottenersi semplicemente attraverso l'insieme-unione, cioè come *somma logica* delle parti, senz'alcuna fusione in un piano ontologico superiore.

Mach porta diversi esempi di composizioni, di carattere psichico-sensibile, fisico-materiale e fisiologico-dinamico, in cui la totalità risultante non è sempre superiore, ma in alcuni casi inferiore all'insieme degli elementi costitutivi. Come abbiamo visto, nella percezione dei colori possono darsi sintesi *aggiuntive* (o "additive") se si tratta delle sensazioni derivanti dalla luce colorata, ma anche sintesi *sottrattive* quando si esaminano le sensazioni derivanti dalla composizione fisica dei pigmenti²⁵². Similmente, anche in occasione delle sensazioni luminose possono svilupparsi, per somma logica, processi cumulativi di tipo non seriale, come le sintesi *eterodrome* che reggono il chiaroscuro, oppure processi di tipo *omodromo*, equivalenti a un prodotto logico, quando si tratta invece di luci colorate complementari²⁵³. Infine, nelle immagini ripetitive a scacchiera esaminate da Owen Jones²⁵⁴ gli elementi si compongono senza dar vita a uno stacco figurale univoco. Poiché ognuno di essi può fungere, nello stesso istante, da figura e da sfondo, il loro insieme non è in grado di far emergere una sintesi superiore²⁵⁵. Mach rileva come le sensazioni di colore, e le sensazioni spaziali che ad esse si accompagnano, si compongono secondo determinate *direzioni* che hanno uno

Verlagsanstalt, Graz 1971, pp. 377-480; trad. it. di E. Melandri, *Gli oggetti d'ordine superiore in rapporto alla percezione interna*, in A. Meinong, *Gli oggetti d'ordine superiore in rapporto alla percezione interna*, Ch. von Ehrenfels, *Le qualità figurali*, Parerga, Faenza 1979, pp. 29-110; nuova trad. it. a cura di V. Raspa, *Sugli oggetti di ordine superiore e il loro rapporto con la percezione interna*, in A. Meinong, *Teoria dell'oggetto*, a cura di V. Raspa, Parnaso, Trieste 2002, pp. 155-233, in particolare p. 164.

²⁵¹ Cfr., a tal riguardo, B. Smith, K. Mulligan, *Pieces of a Theory*, in B. Smith (ed.), *Parts and Moments. Studies in Logic and Formal Ontology*, Philosophia Verlag, München/Wien 1982, p. 56.

²⁵² Cfr. AS, pp. 84-85.

²⁵³ Cfr. AS, pp. 86-87.

²⁵⁴ Cfr. *supra*, p. 158.

²⁵⁵ Cfr. AS, pp. 194-196.

svolgimento analogo ai *processi chimici* nei quali, partendo da un certo numero di elementi con determinate quantità e qualità, si ottengono insiemi di qualità e quantità a volte superiori, ma a volte anche inferiori alle basi²⁵⁶. In questo senso, le relazioni sensibili si comportano come *reazioni* di cui non si può stabilire a priori la qualità e il rango, poiché ciò dipende da circostanze accessorie – spesso imponderabili e non denumerabili – nelle quali tali fenomeni si verificano. Non si può perciò nemmeno dire che vi sia un rapporto di dipendenza univoca tra gli elementi e il complesso, nel senso, cioè, che il complesso non sia in grado di sussistere senza gli elementi, mentre questi possono darsi senza quello. Non di rado, infatti, gli elementi si presentano solo come *schemi simbolici* di “oggetti” che non possono mai trovarsi isolati o allo stato puro, ma necessitano sempre di un “legame reattivo” per assumere una certa sussistenza²⁵⁷.

L'indagine di una serie di esempi tipici dell'esperienza della visione, che Mach aveva portato a testimonianza della sua irriducibilità ai soli fattori fisico-geometrici, gli consentiva, in ultima istanza, di affrontare la questione dell'origine “materiale” o “spirituale” delle sensazioni. Dato che la *materia* è governata da leggi fisico-meccaniche, pare ovvio sostenere che l'atto di visione debba dipendere da fattori immateriali. D'altra parte, però, la sensazione è connessa all'*organo di senso*, e vi è una lunga tradizione, risalente almeno a Kant, secondo cui i sensi danno alla conoscenza la materia, mentre l'intelletto e i concetti ne rappresentano la forma. Esiste forse un modo d'intendere la materia sensibile che si sottrae alle determinazioni fisiche? Si tratta, nota Mach, di una questione a cui non è possibile attribuire un significato in relazione all'esperienza. Infatti, né la materia – sia essa intesa come mera estensione meccanica o come sostanza sensibile – né lo spirito sono i dati primari o i veri elementi dell'esperienza. Porsi il problema delle sensazioni riferite a un “substrato” materiale e senziente ha senso solo quando i fenomeni che si legano a tale substrato – ad esempio, le manifestazioni percettive degli animali o degli uomini – sono *più facilmente comprensibili* attraverso esse, cioè quando le sensazioni corrispondono al *modo di darsi* dei fenomeni. «Non ha invece alcun senso né pratico né scientifico» – conclude Mach – «porsi il problema delle “sensazioni” dei cristalli, in quanto tali sensazioni non potrebbero fornirci alcun'informazione in più riguardo al loro comportamento»²⁵⁸.

²⁵⁶ Cfr. AS, pp. 110-112.

²⁵⁷ Cfr. AS, pp. 159-162.

²⁵⁸ AS, p. 220.

2.7. *Il problema kantiano dell'intuizione spaziale: Mach e Riehl*

Prima di passare all'indagine della sensazione di tempo, Mach interviene sulla questione, sorta all'interno delle Scuole kantiane più recenti, se lo spazio sia riconducibile a un'intuizione pura *a priori* o se si tratti invece di un concetto acquisito con l'esperienza. Tale questione appariva complicata dal fatto che Kant aveva distinto tra un'intuizione pura di tipo formale, direttamente connessa alla nozione di spazio come *condizione a priori* della sensibilità, e un'intuizione empirica che costituiva il modo di darsi pienamente materiale dei singoli fenomeni sensibili²⁵⁹, così come, dall'altro lato, i concetti puri *a priori* dell'intelletto, in quanto condizioni della conoscenza discorsiva o "categoriale" degli oggetti, si distinguevano per lui dai concetti empirici, legati invece alle generalizzazioni noetiche che sorgevano dall'unificazione di specifici contenuti sensibili. Per cercare di mettere ordine all'interno di questo complesso quadro, che aveva indotto alcuni rappresentanti della Scuola neokantiana di Marburgo – in particolare Hermann Cohen – a una concettualizzazione dello spazio, senza però ammettere una sua derivazione dal dato sensibile attraverso una serie di generalizzazioni associative²⁶⁰, Mach si riferiva alle osservazioni sviluppate a tal riguardo dal "realista" neokantiano Alois Riehl, il quale non aveva esitato a parlare di aspetti spaziali, in special modo connessi ai fenomeni del movimento, caratterizzati da autentici «sentimenti di direzione»²⁶¹.

In tal senso, pur attenendosi ai presupposti generali del kantismo, Riehl sembrava aver aperto una breccia all'interno del formalismo trascendentale neokantiano, non essendo egli disposto a rinunciare all'esperienza sensibile a proposito della costituzione della nozione di spazio. Riehl sottolineava infatti che i fenomeni, i quali si danno in primo luogo attraverso le sensazioni, «non sono affatto qualcosa di meno rispetto alle cose»²⁶² e che, in particolare, il senso del *tatto* ci offre quella coscienza della realtà esterna che nessun concetto o pensiero potrebbe mai eguagliare²⁶³. Non solo toccando un oggetto avvertiamo una certa resistenza indipendente da ogni nostra volontà o immaginazione, ma anche la varietà delle qualità sensibili ci testimonia

²⁵⁹ Cfr. I. Kant, *Critica della ragione pura*, cit., B 33-36, pp. 112-115.

²⁶⁰ Cfr. H. Cohen, *Kants Theorie der Erfahrung*, Dümmler, Berlin 1871; trad. it. di L. Bertolini, *La teoria kantiana dell'esperienza*, Franco Angeli, Milano 1990, pp. 110 sgg.

²⁶¹ A. Riehl, *Der philosophische Kriticismus und seine Bedeutung für die positive Wissenschaft*, Bd. II/1: *Die sinnlichen und logischen Grundlagen der Erkenntnis*, Engelmann, Leipzig 1879, p. 143; AS, p. 139.

²⁶² A. Riehl, *Der philosophische Kriticismus und seine Bedeutung für die positive Wissenschaft*, Bd. II/2: *Zur Wissenschaftstheorie und Metaphysik*, Engelmann, Leipzig 1887, p. 22.

²⁶³ Cfr. A. Riehl, *Der philosophische Kriticismus*, Bd. II/1, cit., p. 203.

l'esistenza di un mondo esterno che non dipende da noi. Infatti, non potremmo mai *unire* nella nostra coscienza i differenti contenuti sensibili se essi non inerissero a *un* oggetto²⁶⁴, il quale ci è immediatamente dato, mentre ogni concetto o immagine deve avvalersi d'inferenze che sono sempre fallibili e che, di conseguenza, non possono dirci se ci troviamo di fronte a realtà o a semplici apparenze.

In questa prospettiva, Riehl non solo enfatizzava l'importanza delle sensazioni come basi delle conoscenze, ma assegnava ad esse una funzione referenziale e denotativa, sostenendo che ai sensi erano date le *cose stesse* nella loro piena realtà. Tutto ciò era legato al fatto che, per evitare ogni deriva scettica, Riehl riteneva indispensabile rintracciare nel noumeno kantiano un senso *positivo*, il quale si manifesta già nelle condizioni materiali della nostra conoscenza²⁶⁵. Ogni sensazione ha una "componente oggettiva" e, nella misura in cui si riferisce a un oggetto, essa presenta un contenuto sia di tipo psichico, sia fisico²⁶⁶. Il "fatto" dell'esperienza è quest'unità psico-fisica, sicché per Riehl appare legittimo declinare la filosofia trascendentale kantiana nel senso di un *monismo critico*²⁶⁷. Al tempo stesso, però, egli non era disposto a rinunciare alla tesi kantiana che fosse il soggetto, con la sua attività, a determinare i contenuti della conoscenza. In tal modo, la componente oggettiva, che spetta al riferimento dei sensi, doveva limitarsi a certificare l'*esistenza* effettiva delle cose, ma non poteva fissarne la natura o l'*essenza* come acquisizione compiuta, in senso epistemico, della conoscenza della realtà²⁶⁸.

Su questa tensione tra piano ontologico e piano gnoseologico-epistemico, Riehl fondava la distinzione tra le sensazioni, da un lato, e le nozioni di spazio e tempo dall'altro²⁶⁹. Le cose esistono nello spazio e nel tempo, i quali costituiscono la loro dimensione quantitativa e oggettiva come proprietà reali e *date* nell'esperienza. Tuttavia, il *modo* in cui queste proprietà vengono date deve passare attraverso i sensi che, essendo qualitativi, presentano le relazioni di successione, simultaneità e coesistenza secondo connessioni *particolari*. Le strutture puramente formali e universali di spazio e tempo, come l'omogeneità, la continuità e l'infinità, in quanto reiterazione

²⁶⁴ Cfr. *ivi*, pp. 194-195.

²⁶⁵ Cfr., a tal riguardo, M. Campo, *Schizzo storico della esegesi e critica kantiana. Dal "ritorno a Kant" alla fine dell'Ottocento*, Magenta, Varese 1959, pp. 105-110.

²⁶⁶ Cfr. A. Riehl, *Der philosophische Kriticismus*, Bd. II/2, pp. 30, 152.

²⁶⁷ Cfr. *ivi*, p. 206.

²⁶⁸ Cfr. *ivi*, pp. 130, 153.

²⁶⁹ Cfr., a tal riguardo, F. Biagioli, *Space, Number, and Geometry from Helmholtz to Casirer*, Springer, Switzerland 2016, pp. 66-71.

numerica dei concetti di unità e identità, non possono dunque essere derivate dall'esperienza, ma devono darsi *a priori*, anche se il loro *fondamento* si trova sempre nell'esperienza delle cose in sé²⁷⁰. Così, ad esempio, la tridimensionalità è empirica (essendo dipendente da come sono fatti i nostri sensi e il nostro corpo), ma non è empirica l'isotropia e l'illimitata ripetibilità delle relazioni formali, sebbene esse ci si offrano, senz'altro, *cum fundamentum in re*. Benché – concludeva Riehl – non ci siano idee innate di spazio e di tempo, non potremmo apprendere tali nozioni dall'esperienza se già non avessimo la *disposizione* a percepire le cose in un certo modo. In ultima istanza, pur respingendo l'apriorismo formale delle intuizioni kantiane di spazio e tempo, poiché da esse sarebbe impossibile dedurre lo spazio e il tempo *effettivi*²⁷¹, Riehl non andava al di là di un'estetica trascendentale circoscritta alla teoria referenziale del significato, a cui affidava tutto il peso della "realtà" delle sensazioni e delle corrispettive nozioni spaziali e temporali²⁷².

Se, da un lato, Mach – che conosceva le posizioni di Riehl, e in generale dei neokantiani, anche attraverso gli scritti di Carl Siegel²⁷³ – non mancava di esaltare tale attenzione per l'esperienza dello spazio, secondo cui possiamo avere solo una disposizione formale alla spazialità, ma nessuna nozione reale di spazio se questa non ci è data in primo luogo attraverso le sensazioni, dall'altro evidenziava come il realismo di Riehl, per non ricadere in un materialismo dei sensi, fosse in ultima istanza costretto a cedere di nuovo di fronte all'idealismo, cui spettava il compito di definire gli autentici contenuti della conoscenza che una semplice concezione referenziale ed "esistenziale" della sensibilità non avrebbe mai potuto fissare. Tutto ciò offriva a Mach l'occasione per fare i conti con la concezione kantiana dell'intuizione spaziale e, più in generale, con l'impostazione trascendentale a tal riguardo, in cui doveva trovarsi la vera origine delle difficoltà di Riehl.

Per Kant, l'intuizione riguarda il *modo* in cui la conoscenza si riferisce immediatamente ad oggetti²⁷⁴. Tale modo caratterizza la sensibilità e manifesta una *forma* spaziale e temporale. Spazio e tempo, come condizioni delle

²⁷⁰ Cfr. A. Riehl, *Der philosophische Kriticismus*, Bd. II/1, pp. 116, 132.

²⁷¹ Cfr. *ivi*, p. 115.

²⁷² Su ciò, si vedano anche le osservazioni di F.C. Beiser, *The Genesis of Neo-Kantianism, 1796-1880*, Oxford University Press, Oxford 2014, pp. 555-563.

²⁷³ Cfr. CE, p. 344; C. Siegel, *Entwicklung der Raumvorstellung des menschlichen Bewusstseins*, Barth, Leipzig 1899; Id., *Über Raumvorstellung und Raumbegriff*, Barth, Leipzig 1905. Sulle posizioni di Siegel, che si richiamava direttamente a Riehl, cfr. T. Sugiyama, *Genealogie der antikantischen Raumlehre von Herder zu Riehl. Zur Vorgeschichte von Benjamins Begriff des „Taktischen“*, «Neue Beiträge zur Germanistik», 155, 2017, pp. 62-73, in particolare pp. 64-69.

²⁷⁴ Cfr. I. Kant, *Critica della ragione pura*, cit., B 33, p. 112.

sensazioni, sono dunque forme pure *a priori*, ossia: non possiamo “sentire” lo spazio e il tempo, ma solo i contenuti particolari e gli oggetti che si trovano in essi o, meglio, che dipendono da tali forme pure. Di conseguenza, a livello estesiologico non esistono per Kant forme pure delle *sensazioni*, ma solo delle *intuizioni*; se infatti esistessero, sarebbero queste a determinare le configurazioni dello spazio e del tempo, sicché si darebbero tante dimensioni spazio-temporali quanti sono i sensi e sarebbe impossibile intuire *a priori* un’unica forma dello spazio e del tempo come condizione trascendentale dei fenomeni. Tuttavia, anche prescindendo dalla geometrizzazione tridimensionale ed euclidea dello spazio che Kant sembra sostenere in modo simile a Newton, e attenendosi alla sua semplice trascendentalità nei confronti della conoscenza sensibile, ne risulta un’intuizione del tutto *vuota*, sia per quanto riguarda la materia, sia rispetto alla forma, giacché ogni sua determinazione richiederebbe o un ricorso a concetti – che dovrebbero pertanto assumere una modalità intuitiva –, oppure a contenuti sensibili, i quali renderebbero *empirica* l’intuizione. Kant sembra accorgersi di questa difficoltà, ma poiché non può rinunciare al carattere formale dell’intuizione estetica, che altrimenti dovrebbe attingere alla “materia” dei sensi, egli va alla ricerca delle *forme della sensazione* nella prima e nella seconda delle «Proposizioni fondamentali» dell’*intelletto*, ossia in quella parte della *Logica trascendentale* che riguarda l’applicazione dei concetti puri all’esperienza²⁷⁵. Ne risulta, così, che l’intuizione applicata, fondandosi sulla matematica dell’estensione o “geometria” come composizione dell’omogeneo, ha una *quantità estensiva* come principio o “assioma”, mentre la sensazione, in quanto “forma” corrispondente alla qualità che le è propria, possiede una *quantità intensiva* che va dall’intuizione pura = 0, designante un’estensione non-qualitativa, a un certo *grado* di riempimento sensibile dello spazio intuitivo²⁷⁶. Per Kant è dunque possibile *anticipare* le forme della sensazione – ossia la «sensazione in generale»²⁷⁷ – indicandole come gradazioni continue comprese (ma non coincidenti) tra il limite inferiore dell’intuizione pura e il limite superiore del contenuto sensibile, cioè indipendentemente sia dalla forma pura ed estensiva dell’intuizione spaziale, sia dalla materia particolare²⁷⁸.

²⁷⁵ Cfr. *ivi*, B 202-218, pp. 333-355. Sul problema kantiano del rapporto tra le “forme dell’intuizione” e le “forme della sensazione”, cfr. E. Melandri, *La linea e il circolo. Studio logico-filosofico sull’analogia*, il Mulino, Bologna 1968; Quodlibet, Macerata 2004², pp. 583-589.

²⁷⁶ Cfr. I. Kant, *Critica della ragione pura*, cit., B 208, pp. 341-342.

²⁷⁷ *Ivi*, B 209, p. 343.

²⁷⁸ Sull’intera questione, cfr. O. Schliemann, *Die Axiome der Anschauung in Kants Kritik der reinen Vernunft*, «Kant-Studien», Ergänzungsheft 162, de Gruyter, Berlin-New York

Ora, nota Mach, quest'intreccio tra estetica e logica giustifica l'assunzione *a priori* della forma dello spazio rispetto alle sensazioni? Il problema non riguarda l'intuizione, dal momento che ogni fenomeno dev'esserci in ogni caso "dato", ma la struttura assiomatica dello spazio puro e la funzione anticipatoria del *continuum* che presiede alle qualità sensibili. Se dobbiamo credere a un'assiomatizzazione dello spazio, è evidente la necessità di ricorrere a una certa geometria. Può trattarsi di *qualsiasi* geometria, ma allora sostenere che la forma pura dell'intuizione si riduca ad assumere una geometria a piacere come "condizione trascendentale", limitandosi all'ordine di coesistenza delle serie spaziali contenuto in ogni geometria che possiamo pensare²⁷⁹, significa rinunciare alla *conoscenza* dello spazio relativa ai fenomeni dell'esperienza. E infatti, Kant non si accontenta di un sistema assiomatico non interpretato, assegnando invece allo spazio una struttura geometrica che dipende non tanto dalla tridimensionalità euclidea, ma dalla sua *matematizzazione*²⁸⁰. In tal senso, egli presuppone che, dove vi è matematica, vi sia anche una ripetizione omogenea della quantità spaziale, in modo tale che il calcolo formale *applicato* trovi una corrispondenza in tale quantità. Qui "omogeneo" significa precisamente *isotropo*, ossia che ogni parte è uguale all'altra o ha le stesse proprietà dell'altra.

Tuttavia – rileva Mach – questa non è una caratteristica in sé del numero o del simbolo matematico, ma del *continuo*, sicché non si capisce per quale ragione, a livello assiomatico-intuitivo, la forma discreta ed estesa dello spazio "numerabile" debba distinguersi dalla forma continua e intensiva delle sensazioni. Il *continuum* matematico si esprime in realtà mediante grandezze differenziali, ma – come già aveva notato Maimon – Kant fraintende la natura del calcolo differenziale, supponendo che l'infinitesimo sia assimilabile a una grandezza piccolissima, mentre esso è solo una funzione relazionale tra grandezze²⁸¹. In verità – conclude Mach – ciò che "sentiamo" non è solo una qualità, ma anche una quantità. Se assimiliamo la forma *a priori* dello spazio kantiano allo *sfondo* rispetto a una certa figura sensibile o geometrica, è evidente che, a sua volta, tale sfondo possa diventare figura

2010, pp. 69 sgg.; M. Giovanelli, *Reality and Negation – Kant's Principle of Anticipations of Perception. An Investigation of its Impact on the Post-Kantian Debate*, Springer, Dordrecht-Heidelberg-London-New York 2011, pp. 9 sgg.

²⁷⁹ Cfr., a tal riguardo, E. Cassirer, *Zur Einstein'schen Relativitätstheorie*, Bruno Cassirer, Berlin 1920, trad. it. di E. Arnaud, *Sulla teoria della relatività di Einstein*, in Id., *Sostanza e funzione*, cit., pp. 457-613, in particolare 558-559.

²⁸⁰ Cfr. O. Schliemann, *Die Axiome der Anschauung in Kants Kritik der reinen Vernunft*, cit., pp. 119 sgg.

²⁸¹ Sull'intera questione, cfr. L. Guidetti, *Kant e Maimon: prolegomeni a una topologia del tempo*, «Discipline Filosofiche» XXIX, 1, 2019, pp. 151-176, in particolare pp. 153 sgg.

mediante un semplice scambio di variabili. Introdurre una “quantità intensiva” per esprimere la forma delle qualità contenutistiche delle sensazioni non significa, dunque, riconoscere la necessità che si dia, *a priori*, un certo “grado o influsso sui sensi” di qualsiasi grandezza spaziale percepita, bensì impiegare una *misura comparativa e analogica*, come accade per la temperatura indicata dalla dilatazione del termometro.

Tutto ciò consente anche di chiarire il ruolo svolto dalle anticipazioni della percezione. Ciò che viene “anticipato” nelle percezioni è esattamente lo stesso che risulta *a priori* nell’intuizione, solo che, in quest’ultimo caso, prescindiamo da quel *continuum* qualitativo che, in un’altra prospettiva, potremmo ritrovare nell’intuizione, così come nella sensazione può darsi una *quantitas* misurabile e discreta, senza ricorrere al *continuum* della comparazione. D’altronde, lo stesso Kant tratta come un *quantum* intensivo la singola *unità* estensiva che compone l’omogeneo matematico²⁸². A rigor di termini, quindi, se rispettassimo alla lettera il dettato di Kant, potremmo parlare tanto di anticipazioni dell’intuizione quanto di assiomi della sensazione, cioè interpretare l’ordine formale di coesistenza, che definisce la purezza *a priori* dell’intuizione spaziale, in due sensi opposti e reciprocamente sostituibili.

In fondo, Riehl aveva indicato la via giusta, ma percorrendola solo per un tratto: noi non intuiamo lo spazio, bensì l’*oggetto spaziale* che si dà come un fenomeno nell’esperienza. Tale oggetto ci appare anzitutto attraverso *sensazioni sensoriali* di tipo qualitativo e contenutistico, le quali assumono una dimensione spaziale in base alle *sensazioni d’organo* differenti tra i diversi sensi, ma per ognuno di essi dotate di un *registro fisiologico stabile* in cui vengono inserite le qualità mutevoli²⁸³. Richiamandosi alle osservazioni di Weber in merito alle “sfere di sensazione”, nonché alla teoria dei segni locali di Lotze e «alle idee di Hering e Stumpf»²⁸⁴, Mach può così concludere che l’unità intuitiva dello spazio cercata da Kant non è data *a priori*, ma dipende solo dall’*affinità ontogenetica* degli organi elementari, cioè dalla misura in cui l’apparato visivo, uditivo e tattile manifestano punti di convergenza comuni²⁸⁵. Nella percezione della cosa – osserva Mach – «le sensazioni sensoriali e le sensazioni spaziali entrano nella coscienza solo *insieme* e possono scomparire di nuovo da essa»²⁸⁶. Ora, «noi non possiamo intuire il *sistema* delle sensazioni spaziali; possiamo però *prescindere* dalle sensazioni

²⁸² Cfr. I. Kant, *Critica della ragione pura*, cit., B 217-218, pp. 353-355.

²⁸³ Cfr. CE, p. 338; AS, p. 174.

²⁸⁴ CE, p. 339.

²⁸⁵ Cfr. AS, p. 175.

²⁸⁶ CE, p. 343.

sensoriali, considerandole secondarie, e quando non si tenga sufficientemente conto di questo processo, è facile che insorga l'idea di aver compiuto un'intuizione *pura*»²⁸⁷.

²⁸⁷ *Ibid.*

Capitolo terzo

La sensazione di tempo

3.1. *La peculiarità della sensazione temporale*

Nell'accingersi a esaminare l'esperienza del tempo, Mach riconosce come il suo studio appaia fin da subito «assai più difficile» dell'indagine relativa all'esperienza dello spazio¹. Infatti, non solo le esperienze temporali sono, in generale, meno studiate e conosciute, ma si mostrano anche «più profonde e nascoste» rispetto a tutte le altre². Tali difficoltà dipendono da fattori di ordine storico, logico e fenomenico. *Storicamente* – come riconosce Hans Reichenbach sulla scorta di Mach – il difetto fondamentale è consistito nello svolgere una trattazione del tempo in senso *parallelo* a quella dello spazio³. Siano esse intese in relazione al movimento, all'ordine della successione oppure come forme dell'intuizione, le “proprietà” del tempo sono sempre state definite *per contrasto* rispetto alle proprietà spaziali. In tal modo, si è giunti a prendere coscienza solo di quei problemi che *non esistono* per il tempo, anziché delle sue caratteristiche peculiari.

Tuttavia, questa concezione *sottrattiva* non dev'essere addotta a motivo di condanna di ciò che, troppo ingenuamente, si definisce come “spazializzazione del tempo”. Evidentemente, vi sono buone ragioni per cui le immagini spaziali sono state più di frequente utilizzate nella rappresentazione del tempo. Ad esempio, è utile concepire il tempo come una *grandezza*, in modo simile alle grandezze che ricaviamo dall'esperienza dei corpi. L'errore non consiste nell'impiego di tali immagini come grandezze, ma nel ritenere che esse siano sufficienti per conoscere il tempo, ossia che le differenze con lo spazio riguardino solo *distinzioni interne al modo di rappresentazione*. Questo limite è presente anche in Kant: una chiarificazione filosofica dello spazio avrebbe dovuto per lui fornire una soluzione anche al problema del tempo. È necessario partire dall'esteriorità spaziale, altrimenti la nostra esperienza rischierebbe di presentarsi come una semplice *autoaffezione*⁴. Co-

¹ Cfr. AS, p. 221.

² *Ibid.*

³ Cfr. H. Reichenbach, *Filosofia dello spazio e del tempo*, cit., p. 132.

⁴ Queste distinzioni vanno ricomprese a partire dalle osservazioni di E. Adickes, *Kants Lehre von der doppelten Affektion unseres Ich als Schlüssel zu seiner Erkenntnistheorie*, Mohr,

si, lo spazio è per Kant la forma del senso esterno, ossia la condizione generale dell'estensione corporea, mentre il tempo è la forma del senso interno, cioè degli stati separati e non corporei del mondo psichico. Ma poiché è chiaro che anche i corpi estesi si muovono nel tempo, la *privazione* di spazio garantisce al tempo una prevalenza nel rapporto tra intuizione e concetto: lo spazio riguarda solo i fenomeni esterni, mentre il tempo è sia la forma immediata in cui si danno i fenomeni interni, sia la forma discorsiva e mediata dei fenomeni esterni⁵.

E qui veniamo al fattore *logico* che condiziona l'assetto problematico di ogni concetto temporale. Il tempo è stato generalmente considerato come uno *schema di ordinamento* simile allo spazio, ma *più semplice*, poiché ha una sola dimensione. La retta è la rappresentazione di una figura a una sola dimensione, e su una retta così concepita non si presenta né il problema degli opposti incongruenti – cioè dell'esistenza di figure uguali e di forma simile che non possono venire sovrapposte – né delle geometrie non-euclidee, poiché in uno schema unidimensionale è impossibile distinguere tra “rettilinearità” e “curvatura”⁶. Si potrebbe obiettare che per il tempo si tratta di una retta con una *direzione* (la “freccia temporale”), ma così si trascura che: *a*) anche lo spazio – come ha notato Mach – può assumere una direzione in relazione al corpo dell'osservatore o a qualsiasi altro punto preso come origine; *b*) una serie unidimensionale dotata di un verso non è necessariamente una successione temporale, poiché può essere espressa come la *posizione* di un segmento tra altri due, con cui il primo intrattiene una semplice relazione locale e orientata senza bisogno di ricorrere al tempo⁷. Pertanto, nessuna determinazione *logica* come schema di ordinamento unidimensionale, rivolto in un certo verso, è in grado di rispondere adeguatamente al problema del tempo.

L'intera questione si riduce dunque all'aspetto *fenomenico*, ed è nella *sensazione di tempo* che la soluzione va ricercata. Noi *sentiamo* immediatamente la posizione temporale, così come sentiamo la posizione spaziale⁸.

Tübingen 1929. Su ciò, cfr. P. Vasconi, *La cosa in sé e la doppia affezione in Kant. Uno studio sul realismo empirico kantiano*, Bulzoni, Roma 1988.

⁵ Cfr. I. Kant, *Critica della ragione pura*, cit., B 50-51, pp. 134-136.

⁶ Infatti – nota Reichenbach a questo proposito – «una linea può avere una curvatura *esterna*, ma mai una curvatura *interna*, poiché tale possibilità esiste solo per un continuo bidimensionale o di ordine superiore» (*Filosofia dello spazio e del tempo*, cit., p. 132). In questo senso, Reichenbach riprende le osservazioni svolte da Carl Friedrich Gauss, *Allgemeine Flächenlehre – Disquisitiones generales circa superficies curvas* (1827), hrsg. von A. Wangerin, Engelmann, Leipzig 1889, e riprese da Mach in CE, p. 375.

⁷ Cfr. CE, p. 421.

⁸ Cfr. CE, p. 417.

Tuttavia, Mach rileva anzitutto che, a differenza di quanto appare nell'ordine logico, nell'*ordine dell'esperienza* sia invece lo spazio ad essere "più semplice" del tempo. Su questo, Kant non aveva sbagliato: lo spazio è infatti sostenuto da un substrato corporeo – sia esso di tipo fisico o fisiologico, come urto, resistenza, impenetrabilità, rigidità, ecc. – che manca al tempo. Essendo per principio svincolata dal ricorso a *un determinato corpo*, «la sensazione di tempo» – nota Mach – «si accompagna a ogni altra sensazione, e da nessuna può essere interamente staccata»⁹. Quando ci rivolgiamo al tempo, non siamo pertanto obbligati a riferirci a una certa dimensione o a una particolare qualità contenutistica, ma solo alla *variazione delle sensazioni*¹⁰. Ora, cosa significa in questo caso "variazione"? Abbiamo visto che tale concetto è presente in tutte le equazioni della meccanica spaziale: la velocità è la variazione dello spazio *rispetto* al tempo (come equazione differenziale di primo grado), mentre l'accelerazione esprime la variazione della velocità *nell'unità* di tempo (come equazione differenziale di secondo grado). L'unità temporale rappresenta dunque il *range* di una grandezza che viene *utilizzata* per la determinazione spaziale, ma che non può essere *ricavata* da quest'ultima. È vero che in ogni equazione spaziale, essendo reversibile, possiamo fissare l'unità di tempo come *funzione* della variazione di spazio nei diversi gradi differenziali, ma ciò avviene *dopo* che sia stata definita la "quantità" iniziale di variazione temporale.

Tale caratteristica originaria del tempo si manifesta, per Mach, nel fatto che l'ordine temporale è possibile in un dominio che non ha alcun ordinamento spaziale, ossia «nel mondo della nostra vita psichica»¹¹. È questa la ragione per cui all'esperienza del tempo viene assegnata una posizione di primo piano fra le *esperienze della coscienza* e, in tale ambito, è altresì sentita con maggiore immediatezza rispetto all'esperienza spaziale. Non vi è infatti alcun'esperienza dello spazio nella *diretta sensazione* con cui avvertiamo il *fluire del tempo* durante la nostra vita. La variazione delle sensazioni è dovuta alla percezione di tale flusso, il quale non può ridursi a una successione di stati, ma si presenta anzitutto come un *processo*¹². Mach cerca però con accuratezza di respingere ogni tentativo d'intendere la percezione processuale del tempo come la *proprietà* di qualcosa che possiamo chiamare "coscienza", "mente" o "spirito": si tratta anzi di attenersi sempre ai fenomeni e di descrivere gli "oggetti" che si presentano in tale particolare esperienza.

⁹ AS, p. 221.

¹⁰ Cfr. *ibid.*

¹¹ *Ibid.*

¹² Cfr. AS, pp. 227, 232.

3.2. *William James e la percezione dei processi temporali*

A questo riguardo, un particolare rilievo assumono per Mach le «affascinanti osservazioni» che, nei suoi *Principi di psicologia*, William James aveva sviluppato intorno alla *corrente della coscienza* in relazione alla percezione del tempo¹³. Dopo aver evidenziato che il compito della psicologia consiste «nel cercare gli elementi comuni nei diversi fatti mentali piuttosto che un comune agente dietro di essi, e nello spiegare i fenomeni per mezzo delle varie forme di combinazione di questi elementi»¹⁴, James critica la tendenza a concepire tali combinazioni come il frutto di *sintesi induttive* di parti, dal momento che questi elementi dell'esperienza, siano essi intesi come sensazioni o altri fatti primitivi, non assumono un senso in sé, nella forma di idee semplici, ma solo in relazione ad altri¹⁵. Poiché non ci troviamo mai di fronte a fatti atomici della coscienza, ma a *concreti stati mentali*, il metodo da preferire sarà quello *analitico*, a condizione però che con “analisi” non si indichi la scomposizione di un complesso, bensì l'attenzione alla «conoscenza quotidiana della nostra vita interiore»¹⁶. Adottando un metodo analitico così inteso, anche ciò che è semplice – ad esempio, la sensazione – rivelerà al momento giusto il compito e il significato che gli spetta. In questa prospettiva, il fatto fondamentale e veramente originario è solo il *pensiero* stesso che, come fenomeno di base di *tutta* l'esperienza – in un senso che James intende smarcare da qualsiasi riduzione intellettualistica o spirituale –, si presenta con un'immediata qualità, vale a dire il fatto di *procedere* in una certa direzione¹⁷.

Una volta accertato il fatto che il pensiero, in cui sono incluse anche le sensazioni, è dotato di un peculiare movimento che gli consente di “andare avanti”, si tratta per James di chiarire il significato del “passaggio” tra i concreti stati mentali e i cambiamenti di stato con cui invece si indicano le

¹³ Cfr. W. James, *The Principles of Psychology*, Holt & Company, New York 1890, vol. I, in particolare i capp. IX, pp. 224-290, e XV, pp. 605-642. Si veda anche Id., *Essays in Radical Empiricism*, Longmans-Green, New York 1912, ed. it. a cura di S. Franzese, *Saggi di empirismo radicale*, Quodlibet, Macerata 2009, pp. 27 sgg. Su ciò, cfr. AS, p. 230; CE, p. 421. Sui rapporti tra Mach e James, cfr. J. Thiele, *William James and Ernst Mach*, «Philosophia naturalis», 9, 3, 1966, pp. 298-310; E.C. Banks, *The Realistic Empiricism of Mach, James, and Russell. Neutral Monism Reconciled*, cit., A. Klein, *On the Philosophical and Scientific Relationship between Ernst Mach and William James*, in J. Preston (ed. by), *Interpreting Mach: Critical Essays*, cit., pp. 103-122.

¹⁴ W. James, *The Principles of Psychology*, cit., p. 1.

¹⁵ Cfr. *ivi*, p. 224.

¹⁶ *Ibid.*

¹⁷ Cfr. *ivi*, p. 225; Id., *Saggi di empirismo radicale*, cit., p. 23.

trasformazioni dei corpi fisici e materiali. Se per questi ultimi sembra adeguato l'impiego d'immagini nella forma di "catene" o "sequenze" costituite da punti e tratti volti a indicare i luoghi di discontinuità delle successioni, al contrario, per il pensiero – che non si dà mai in una forma astratta, ma solo personale¹⁸ – appare più utile l'immagine del *flusso continuo*¹⁹. Infatti, nel pensiero ogni evento trascorso o precedente non è mai vissuto come qualcosa che, semplicemente, non esiste più, interrompendo o frammentando la serie, poiché ogni interruzione *riempie* in ogni caso la coscienza senza estinguerla, sebbene in una modalità diversa rispetto ai tratti che precedono e che seguono²⁰. Mentre in una cosa fisica il presente è il *segno* di un fatto passato, come accade per un fossile o per una certa trasformazione chimica, nel pensiero uno stato passato assume invece una tonalità di «coscienza anteriore», configurandosi come una vera e propria «sensazione di passato» appartenente alla medesima corrente della quale la «sensazione di presente» costituisce solo un provvisorio *punto d'arresto*²¹. In tal modo, il carattere unitario e fluido del pensiero è in stretto rapporto con un fenomeno psichico che, in apparenza, sembra contraddirlo, ossia con il fatto che nessuno stato di coscienza trascorso – e dunque nemmeno la sensazione – può ripetersi in modo identico a com'era in precedenza²². Tuttavia, se si esamina con maggiore attenzione questo fenomeno, che ha una base fisiologica nella contingenza del sistema nervoso di ogni essere vivente, ci si accorge com'esso sia la *condizione dell'identità* degli oggetti cui il pensiero e le sensazioni *si riferiscono* nella loro attività.

Ciò che si presenta *due volte* – nota James – non è mai la stessa sensazione, ma lo stesso *oggetto*²³. Un oggetto ci appare più chiaro o più scuro, e tale chiarezza e oscurità non sono quelle che abbiamo percepito ieri, anche se oggi le riferiamo alla *medesima cosa* di ieri. Se ci trovassimo di fronte alla stessa sensazione, dovremmo assumere il sistema nervoso come un corpo rigido, una sorta di «cervello non modificato»²⁴ e fissato una volta per tutte nello spazio e nel tempo, sicché, per mantenere la diversità dei cambiamenti, a variare dovrebbero essere gli oggetti, che in tal modo non potrebbero mai venire riconosciuti come identici. L'identità non è dunque per James una proprietà, ma una *funzione del pensiero che si costituisce in relazione ad*

¹⁸ Cfr. W. James, *The Principles of Psychology*, cit., pp. 225-229.

¹⁹ Cfr. *ivi*, p. 239.

²⁰ Cfr. *ivi*, p. 237.

²¹ Cfr. *ibid.*

²² Cfr. *ivi*, p. 230.

²³ Cfr. *ivi*, p. 231.

²⁴ Cfr. *ivi*, p. 232.

oggetti²⁵. Non ha pertanto senso parlare di sensazioni *in sé* identiche o diverse, così come non si può parlare di oggetti *in sé* identici. Anche l'immagine del pensiero come una "corrente continua" va assunta secondo la funzione che le è propria, evitando di farla coincidere con un flusso reale e oggettivo, simile alla corrente di un fiume che incontriamo nella natura. James vuole con ciò evidenziare che, pur dovendo sempre ricorrere all'analogia con *qualcosa che scorre* – per cui, ad esempio, nell'intuizione del mio immediato stato corporeo «il flusso del pensiero si rivela consistere principalmente nel flusso del mio respiro»²⁶ –, *l'esperienza fenomenica* del flusso non dev'essere confusa con il fluire di una cosa fisica, che è parte del mondo fisico. Se si ricade in quest'equivoco, si potrebbe essere indotti a considerare le "curve" della corrente del pensiero «come se fossero composte di piccolissimi tratti lineari», così come spesso si cade nell'errore di rappresentare «l'elettricità e la forza nervosa come se fossero realmente dei fluidi»²⁷.

Una volta eliminata ogni confusione tra le cose, distinte e discontinue, che «passano davanti a noi»²⁸, e i pensieri stessi come fatti soggettivi che si riferiscono ad esse, James intende chiarire il rapporto tra questi due processi. Spesso si obietta che la discontinuità delle cose, necessaria per la loro *individuazione*, non possa essere ricavata dalla loro *identificazione* referenziale, a maggior ragione se questa si presenta come la funzione di uno stato continuo e irriducibile alla composizione di parti separate. Bisogna dunque che, tra le proprietà del pensiero, si presenti anche la capacità d'individuazione degli oggetti, in modo da ristabilire l'isomorfismo con la realtà pensata o di cui, in generale, si ha coscienza. Da ciò si originano le più comuni soluzioni adeguazionistiche, che si esprimono nelle figure complementari del sensismo e dell'idealismo da un lato, del materialismo e dello spiritualismo dall'altro²⁹. Tutte queste figure, infatti, attribuiscono rilievo alle *parti sostantive* dei processi, le quali vengono riscontrate, come "cardini" dei fenomeni, tanto nelle cose del mondo esterno quanto negli stati della coscienza e dei suoi vissuti³⁰.

In questo modo, però – nota James – si giunge alla conclusione che anche le *parti transitive*, che dovrebbero rendere il senso autentico delle trasformazioni, sono concepite come somme o sottrazioni di stati, il cui effetto

²⁵ Cfr. W. James, *Saggi di empirismo radicale*, cit., p. 5.

²⁶ Cfr. *ivi*, p. 23.

²⁷ W. James, *The Principles of Psychology*, cit., p. 236.

²⁸ *Ivi*, p. 240.

²⁹ Cfr. *ivi*, pp. 244-245.

³⁰ Cfr. *ivi*, p. 243.

cumulativo viene assimilato alla *successione* dei fenomeni³¹. Ora, se l'aggiunta di parti sostantive fosse una condizione sufficiente per produrre la forma transitiva della successione, dovremmo ammettere che anche dall'aggiunta di parti spaziali si ottiene una dimensione temporale, mentre è evidente che nessun *ordine di coesistenza*, per quanto ampliato nello spazio, può produrre un *ordine di successione*³². In secondo luogo, anche concedendo che ciò sia possibile – ad esempio, nel riconoscere il tempo come una sorta di effetto cumulativo supereveniente in una composizione spaziale, sul modello della retta come somma progressiva di punti –, resterebbe in ogni caso incomprensibile perché tale effetto non si manifesti già nelle prime parti come una loro “intrinseca” qualità disposizionale. Se, invece, si tratta proprio di una *qualità emergente* del complesso, allora le parti componenti non sono realmente sostantive e richiedono l'intervento di un fattore esterno – sia esso intelletto o ragione – in grado di fornire alla “cosa in divenire” quella forma sostantiva che manca alle sue parti³³. Ma la conseguenza più grave di tale moltiplicazione dei livelli sostantivi è che nessuna successione di stati potrebbe mai, da sola, esprimere un *processo*, sia che si tratti di “contenuti” di coscienza o dei momenti distinti in cui cogliamo una cosa.

Ciò dipende dallo scarto tra il modo *ellittico* con il quale, attraverso segni e forme logiche, indichiamo le relazioni transitive, e le *transizioni effettive* che si danno nell'esperienza³⁴. Generalmente, una successione transitiva si esprime con una relazione lineare del tipo $a - b - c$: un oggetto è così distinto nei diversi punti del tempo e individuato dai segni che lo localizzano estensionalmente nel decorso temporale. Ma se volessimo esprimere con notazioni simboliche un processo, dovremmo usare una figura *bidimensionale* che ci consenta di esprimere la permanenza *intensionale* del passato in ogni “punto di presenza” dell'oggetto³⁵:

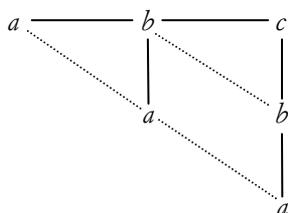
³¹ Sull'importanza delle “parti transitive” per la dinamica del flusso coscienziale, cfr. A. Gurwitsch, *Studies in Phenomenology and Psychology*, Northwestern University Press, Evanston 1966, pp. 301-331.

³² Su rapporti tra il continuo dell'intuizione temporale e il continuo matematico-spaziale, anche in riferimento ai “punti di transizione” di James, cfr. H. Weyl, *Das Kontinuum. Kritische Untersuchungen über die Grundlagen der Analysis*, de Gruyter, Berlin 1932, trad. it. di A.B. Veit Riccioli, *Il continuo. Indagini critiche sui fondamenti dell'Analisi*, Bibliopolis, Napoli 1977, pp. 136-150, in particolare p. 144.

³³ Cfr. W. James, *The Principles of Psychology*, cit., p. 245.

³⁴ Cfr. ivi, pp. 243-244.

³⁵ Cfr. ivi, pp. 242 e 257.



La difficoltà di un tale modo di rappresentazione è che la presenza di a e b in c è modificata dallo *svolgimento* stesso del processo, tale da consentirci solo un riscontro di somiglianza di caratteri, i quali mantengono sempre, nei loro *particolari contenuti*, un certo grado di vaghezza. In realtà, b e c , che indicano a in momenti successivi del processo, sono costituiti dagli insiemi-prodotto non puntuali (ba) e (cb), definiti da James come le “frange” o gli “aloni di rapporti” degli oggetti o degli stati di coscienza³⁶. Non possiamo individuare una frangia (che non ha confini netti), ma solo l’oggetto o lo stato a cui la frangia appartiene. Chiedersi dove essa si trovi – nota James – è come chiedersi, al modo di Zenone di Elea, «in che punto *sia* una freccia quando *si muove*»³⁷. Tuttavia, la frangia permette d’*identificare* l’oggetto poiché, come in una superficie, essa include anche i punti che non appartengono all’istante presente in cui l’oggetto appare nella sua discontinuità, rivelando così che si tratta solo del prodotto finale di un processo continuo.

Rimane tuttavia il problema di chiarire come qualcosa che non ha confini netti possa condurre a un’identificazione oggettiva. A tal riguardo, James puntualizza che il carattere “sfumato” della frangia non deve riferirsi all’insieme relazionale del processo, ovvero allo “schema di pensiero” che si origina da esso, ma al rapporto tra questo schema e i termini particolari di cui si avvale³⁸. Quando, ad esempio, abbiamo un’intenzione anticipatrice, *avvertiamo* qualcosa di assolutamente determinato, sebbene in essa non compaiano immagini, parole o cose definite. Allo stesso modo, una *sensazione di vuoto* ci appare del tutto piena e intensa, ed è quindi irriducibile a un *vuoto di sensazione*³⁹. Così, per quanto uno stato di coscienza possa presentarsi come approssimativo e indeterminato rispetto all’oggetto a cui fa riferimento, esso non viene vissuto come tale. Infatti, anche il suo darsi mediante “frange” rappresenta una certa modalità di esperienza, e poiché ogni

³⁶ Cfr. *ivi*, p. 258.

³⁷ *Ivi*, p. 244.

³⁸ Cfr. *ivi*, p. 253.

³⁹ Cfr. *ivi*, p. 252.

esperienza ci si offre anzitutto attraverso sensazioni, James può concludere che «com'è sicuro che esistono rapporti tra oggetti, è altrettanto – anzi, più sicuro – *che esistono le sensazioni attraverso le quali questi rapporti vengono conosciuti*»⁴⁰.

Secondo James, il fatto che abbiamo la possibilità di *sentire* non solo le qualità contenutistiche, ma anche gli schemi relazionali senza ricorrere a specifici raddoppiamenti intellettuali, si rivela decisivo per il fenomeno del tempo. Se la sensazione di tempo dipende dalla *percezione di una relazione*, si elimina fin da subito il fastidioso problema di trattare il passato come una *proprietà intrinseca* alle cose o a certi stati mentali. Dal punto di vista *logico* è infatti evidente che un evento a cui spetti la proprietà di “passato” non è più esistente, per cui esso non può avere alcun *effetto* temporale. Per rimediare a ciò, si ricorre di solito all'espedito d'intendere il passato come una relazione interna a un *medesimo* stato, come la memoria o un processo corporeo. Tuttavia, nella “presenza” di tale relazione non vi è alcuna possibilità di *confrontare* un momento passato con uno presente, se non dichiarando arbitrariamente che uno di essi ha, in sé, la proprietà del passato. Se invece le esperienze che attualmente viviamo e gli oggetti a cui esse fanno riferimento sono connesse ad *altre* esperienze che, *in virtù* di tale relazione (e non semplicemente *per mezzo* di essa), assumono il “significato di passato”, non vi è bisogno di ricorrere alla tautologia secondo cui gli eventi passati non sono presenti relativamente al momento presente, la quale equivale alla negazione di ogni processo temporale⁴¹.

Così come in un processo qualcosa *si svolge* in una certa direzione, allo stesso modo la nostra coscienza non è come un nastro composto di stati successivi, ma *agisce* in un senso che può essere paragonato alla «scintilla di un verme luminoso»⁴², la quale illumina i punti che tocca e lascia nell'oscurità gli altri. La conoscenza del passato e l'anticipazione del futuro sono come i tratti vicini o lontani, costantemente mischiati alla conoscenza del presente. Infatti, il pensiero del presente non è il punto *A*, bensì – ad esempio – la sequenza continua *A B C D* che, nel procedere, abbandona il punto *A* e integra il punto successivo *E*, rendendo così il senso retrospettivo e prospettivo della memoria e dell'attesa⁴³. James sottolinea però che anche l'immagine della scintilla può essere ingannevole, in quanto essa lascia intendere che, in ogni caso, si potrebbe isolare l'istante temporale come un *punto* in cui si contrae l'intero flusso e a cui corrisponde una sensazione “sempli-

⁴⁰ Ivi, p. 245.

⁴¹ Cfr. ivi, p. 605.

⁴² Ivi, p. 606.

⁴³ Cfr. *ibid.*

ce". Per evitare quest'equivoco, bisogna richiamarsi a fattori di carattere fisico e fisiologico, in grado di rendere compiutamente il senso della *durata* che contraddistingue la comparsa, a livello psichico, della sensazione di unità continua che egli chiama «presente specioso»⁴⁴, allo scopo di distinguerla dal presente concepito come un mero istante puntuale.

In primo luogo, se paragoniamo la successione delle sensazioni a un nastro orizzontale che scorre, la *percezione* interseca tale nastro in senso ortogonale, isolando un segmento che corrisponde all'unità temporale⁴⁵. Benché i limiti di tale segmento non siano netti, ma dotati di frange, essi consentono in ogni caso un'esperienza di unità (o «blocco di durata»⁴⁶) in base alla rilevanza omogenea, di tipo *ritmico*⁴⁷, che assumono le parti interne, come nella successione continua di uno spettro di colori nel quale individuiamo una certa area come appartenente a *un* colore, anche se il punto di transizione verso l'area di un altro colore non può essere definito con precisione. Ciò detto, all'interno di quest'unità d'esperienza temporale possiamo distinguere il "minimo di coscienza", corrispondente alla sensazione del *cambiamento* tra una parte e l'altra⁴⁸, e l'«estensione *massima* della nostra coscienza immediata di sensazioni successive»⁴⁹, ossia la *capacità* di contenimento dell'unità temporale che riusciamo a percepire. Per comprendere tale distinzione – che potremmo assimilare all'attuale differenza tra *bit*⁵⁰ e *byte*, anche se quest'ultimo può raggiungere livelli di complessità superiori potenzialmente infiniti, così come da un numero finito di lettere e parole si possono ottenere infiniti discorsi –, non è sufficiente ricorrere a notazioni simboliche mediante numeri o elementi geometrici, ma devono intervenire criteri specifici che emergono sia dall'esperienza cosciente, sia dalle condizioni fisiologiche dell'essere vivente che ha tale esperienza. I primi riguardano l'attenzione, l'interesse, il significato e il riporto emotivo legato alle sensazioni, mentre i secondi hanno a che fare con la struttura nervosa, la lunghezza della vita e le condizioni fisico-ambientali in cui si trova l'essere vivente.

Anzitutto, vige la legge del contrasto per cui una certa unità di tempo appare più breve se è stata immediatamente preceduta da un lungo tratto temporale, anche se, in un'altra relazione, essa può apparire più lunga

⁴⁴ Ivi, p. 609.

⁴⁵ Cfr. ivi, p. 622.

⁴⁶ Ivi, p. 610.

⁴⁷ Cfr. ivi, p. 612.

⁴⁸ Cfr. ivi, p. 607, nota.

⁴⁹ Ivi, p. 612.

⁵⁰ Cfr. ivi, p. 611: «Ogni "adesso" è la sensazione di un separato *bit* di tempo».

quando è seguita da un'unità breve. Il *contrasto comparativo* non riceve dunque il suo significato dalla sequenza di sensazioni legate al “minimo di coscienza”, ma dalla successione di diverse *unità* temporali (i diversi *bytes*) secondo una “logica del discorso”⁵¹. Ciò consente di comprendere che il carattere contenutistico del tempo non riguarda le singole sensazioni, bensì il *numero* e la *densità* delle sensazioni che – anche attraverso sovrapposizioni – *riempiono* l'unità di tempo. Infatti, «tratti di tempo “più pieni” appaiono più lunghi di quelli più vuoti»⁵², al punto che, se si tolgono tutte le sensazioni, «non abbiamo alcun senso del tempo vuoto»⁵³. In secondo luogo, occorre considerare la qualità delle sensazioni riempienti, la quale non ha a che fare con le specifiche qualità contenutistiche (colori, suoni, ecc.), ma con le cosiddette *qualità terziarie* o “tonalità dei caratteri”, definite dalla piacevolezza, dalla rilevanza e, in generale, dalla coloritura emotiva e dalla funzione pragmatica dei contenuti sensibili⁵⁴. Se le sensazioni sono dotate di tali qualità, «il tempo ad esse relative appare breve nello scorrere attuale, ma lungo quando guardiamo indietro ad esse»; se invece mancano, «il tempo appare lungo nello scorrere, ma retrospettivamente breve»⁵⁵.

Queste osservazioni, di carattere eminentemente psichico, conducono James ad affrontare l'ultima questione, che concerne il lato fisiologico-biologico della percezione temporale. Se la densità e la tonalità delle sensazioni definiscono il modo in cui percepiamo la lunghezza temporale, è evidente che la comparsa di tali caratteri in certi periodi della nostra vita biologica risulterà decisiva nel farci acquisire il senso di durata di un'unità temporale. Inoltre, poiché la vita biologica non riguarda solo l'uomo, ma anche gli altri animali, dai rilievi fisiologici emergenti dalle osservazioni degli esseri viventi sarà possibile ricavare una *psicologia comparata* che supera i margini “soggettivistici” della psicologia introspettiva. In tal senso, James riprende le considerazioni svolte dal biologo estone Karl Ernst von Baer, il quale aveva evidenziato il momento temporale (*punctum temporis*) proprio di ciascun essere vivente e iscritto nei suoi “registri sensoriali”, cioè *l'unità*

⁵¹ Cfr. *ivi*, p. 618.

⁵² Cfr. *ibid.*

⁵³ Cfr. *ivi*, p. 619.

⁵⁴ Sulle “qualità terziarie”, cfr. P. Bozzi, *Fisica ingenua*, Garzanti, Milano 1990, pp. 88-117; G. Parovel, *Le qualità espressive. Fenomenologia sperimentale e percezione visiva*, Mimesis, Milano-Udine 2012; F. Forlè, *Qualità terziarie. Saggio sulla fenomenologia sperimentale*, Franco-Angeli, Milano 2017, in particolare pp. 24-28.

⁵⁵ W. James, *The Principles of Psychology*, cit., p. 624.

temporale minima che costituisce il fondamento indispensabile per la percezione del tempo⁵⁶.

In primo luogo, occorre assumere un punto di vista *ontogenetico*: la vita biologica ha una lunghezza *fisica* differente nei diversi esseri viventi, sia per quanto riguarda l'individuo, sia per la specie, cioè occupa una *quantità oggettiva* di tempo più breve o più lunga. Tuttavia, poiché le unità temporali di tale quantità sono sempre le stesse, esse possono essere utilizzate come parametri comuni, che vengono riempiti dalle diverse fasi di sviluppo biologico (nascita, crescita, maturità, ecc.) e dalla *densità* di sensazioni contenute in ogni fase. Ogni tratto ha dunque la medesima estensione fisica, ma una differente intensione psichico-biologica. Ad esempio, nell'individuo giovane le esperienze, in virtù della loro novità, appaiono più ricche e significative, più importanti per il corso della sua vita. Esse catturano l'attenzione sia per gli aspetti favorevoli sia per quelli dannosi, suddividendo l'unità temporale fisica in piccoli e numerosi *bit* d'informazione, sicché la *totalità* del tempo vissuto nell'unità appare più lunga. Al contrario, nella maturità e nella vecchiaia hanno luogo i fenomeni della ripetizione ciclica, della familiarità e della monotonia, i quali espandono i momenti sensibili attraverso la somiglianza e l'abitudine, rendendoli meno numerosi e interessanti. In tal modo, la totalità del tempo vissuto appare più breve⁵⁷.

Ciò detto, si pone la seguente obiezione: perché un numero *maggiore* di momenti o di sensazioni in una *medesima unità* dovrebbe rendere *più lunga* la percezione del tempo? Se dipendesse solo dalla tonalità di questi *singoli* momenti, si potrebbe pensare che – al di là delle esperienze di fatto – rendendo costante la tonalità per un numero minore, cioè espandendo un *bit* con lo stesso tono, il risultato sarebbe in ogni caso lo stesso. In fondo, si tratterebbe solo di uno scambio di variabili. Ora, per rispondere a tale obiezione, James ricorre precisamente alle considerazioni fisiologiche e filogenetiche di von Baer. Il numero di *sensazioni d'organo* per unità di tempo fisico – ad esempio, in un secondo d'orologio – è costante per gli individui di una medesima specie, ma differente tra una specie e l'altra. *Nella stessa specie*, la diversa numerosità dei momenti non dipende quindi da fattori fisiologici, se non in modo relativamente marginale. Tuttavia, se *confrontiamo* diverse specie, possiamo capire perché una quantità maggiore dia origine a una percezione di tempo più lunga. Assumendo ad esempio come termine

⁵⁶ Cfr. *ivi*, p. 639; K.E. von Baer, *Welche Auffassung der lebenden Natur ist die richtige? Und wie ist diese Auffassung auf die Entomologie anzuwenden?*, in *Reden gehalten in wissenschaftlichen Versammlungen und kleinere Aufsätze vermischten Inhalts*, Schmittsdorf, St. Petersburg 1864, pp. 237-284.

⁵⁷ Cfr. W. James, *The Principles of Psychology*, cit., p. 625.

di confronto il senso della vista, è possibile trattare le sue componenti fisiologiche (retina, fotorecettori, ecc.) come le parti e le funzioni di un apparato fotografico. Se in un secondo di un essere vivente abbiamo 10 fotogrammi (o *bit* di sensazione), ognuno di essi scorrerà per 1/10 di secondo, che corrisponde alla *lunghezza* del suo tratto. Ma se in un secondo di un *altro* essere vivente si danno 10.000 fotogrammi, per comparazione nel decimo di secondo saranno contenute 1.000 sensazioni, cioè il relativo tratto sarà lungo un millesimo rispetto a quello del primo essere vivente⁵⁸. Ciò significa che un oggetto che scorra con la *stessa velocità fisica* di fronte ai due apparati visivi, mentre percorre un solo tratto del primo, dovrà attraversare mille tratti dell'altro, ossia in ogni tratto temporale di quest'ultimo il movimento dell'oggetto apparirà relativamente *rallentato*, fin quasi all'immobilità. Ovviamente, la situazione si rovescia se il secondo apparato contiene un numero di sensazioni minore per unità di tempo fisico: in questo caso il movimento dell'oggetto apparirà relativamente *accelerato*.

In sintesi, mentre il primo apparato, con un momento temporale più lungo, non può consentire la percezione di movimenti troppo veloci, il secondo impedisce invece di accorgersi di movimenti troppo lenti. Ma il fatto più importante è che, se per esaurire la *stessa grandezza metrica* del tempo un essere vivente ha bisogno di un solo momento temporale e un altro ne richiede invece mille, la *magnitudine* percepita del tempo sarà, nel secondo caso, molto più grande, cioè il tempo apparirà più lungo anche senz'operare contrazioni o estensioni delle tonalità temporali delle singole unità. Infine, volendo assumere la *stessa somma totale* dei momenti nella vita dei diversi animali, ne risulta il *paradosso diacronico* per cui gli esseri con momenti molto brevi e numerosi nell'unità fisica esauriranno tale somma in alcune ore o giorni – infatti un'ora apparirà enormemente rallentata, cioè più lunga –, mentre gli esseri con momenti molto lunghi e scarsamente numerosi richiederanno anni o secoli, poiché l'ora fisica apparirà talmente velocizzata da *sovrapporre* le sensazioni fondendole in una sola, come la scia di un tizzone ardente che ruota formando un cerchio uniforme⁵⁹. James può così concludere che «la nozione kantiana d'intuizione di un tempo oggettivo come di un *continuum* infinito non offre alcun sostegno a tali osservazioni, poiché la *causa* dell'intuizione che effettivamente abbiamo non può essere la durata dei nostri processi cerebrali o dei nostri cambiamenti mentali. Questa durata è, anzi, l'*oggetto* dell'intuizione che, realizzandosi in ogni momento della durata, dev'essere dovuta a una causa presente in modo per-

⁵⁸ Cfr. *ivi*, p. 639.

⁵⁹ Cfr. *ibid.*

manente. Tale causa è fluttuante e, quindi, ne risulta un certo *range* di variazione nella grandezza dell'intuizione e della sua suddivisibilità»⁶⁰.

3.3. *La struttura del flusso temporale*

Nel capitolo sulla «Percezione del tempo» della sua *Psicologia*, James riconosce a Mach il merito di aver saputo trattare il tempo come una *sensazione* direttamente connessa alla psicofisiologia dell'essere vivente, evitando in tal modo il ricorso a fattori extraempirici di natura concettuale e intellettuale⁶¹. Tuttavia – nota James – quest'impostazione corre un rischio, che deriva dal fenomenismo a cui sembra aderire. Si pone infatti la seguente domanda: se prendiamo in considerazione i processi temporali *puri* e senza un apparente supporto fisiologico, come quelli che si ritrovano nei fenomeni acustici e musicali affidati alle immagini della memoria, quale ruolo svolgono le sensazioni rispetto ad essi? Inoltre, ammettendo che si diano *sensazioni di relazioni*, si dovrà forse ricorrere, in tal caso, a sensazioni d'ordine superiore alle sensazioni “semplici”, che riguardano le qualità contenutistiche? L'empirismo radicale machiano sembra infatti dover rispondere a due esigenze tra loro contraddittorie: da un lato si tratta di riconoscere che i termini sensibili di una relazione non vanno confusi con la forma della *ratio* che li connette; dall'altro, però, se si danno sensazioni per questa *ratio*, a meno di non ammettere l'esistenza di un sensorio specifico (una sorta di

⁶⁰ Ivi, p. 642. Sul rapporto tra la “corrente di coscienza” jamesiana e le indagini fenomenologiche sulla coscienza del tempo, soprattutto per la corrispondenza tra la “frangia” temporale e l’“orizzonte” di coscienza, cfr. A. Schutz, *William James' Concept of the Stream of Thought Phenomenologically Interpreted*, «Philosophy and Phenomenological Research», 1941, 1, 4, pp. 442-452, in particolare p. 450; J. Linschoten, *Auf dem Weg einer phänomenologischen Psychologie. Die Psychologie von William James*, de Gruyter, Berlin 1961; S. Besoli (a cura di), *William James e la fenomenologia*, fascicolo monografico di «Discipline Filosofiche», X, 2, 2000. Le più recenti obiezioni alla nozione jamesiana di “corrente di coscienza” si fondano sulla presunta fallacia della “camera oscura” o del “filmato nel cervello” in cui tale nozione incorrerebbe (cfr. S. Blackmore, *There Is No Stream of Consciousness*, in A. Noë (ed. by), *Is the Visual World a Grand Illusion?*, Imprint Academic, Thorverton-Charlottesville 2002, pp. 17-28, in particolare p. 20). Tuttavia, tali obiezioni – spesso rivolte anche contro la concezione husserliana della “coscienza orizzontica” – si fondano sul fraintendimento tra ciò che viene rappresentato “per mezzo” o “da” certe immagini e il significato che invece si ricava “in virtù” di esse (cfr., a tal riguardo, E. Melandri, *Le “Ricerche logiche” di Husserl. Introduzione e commento alla Prima ricerca*, il Mulino, Bologna 1990, p. 139). Infatti, l'immagine del flusso di coscienza costituisce un tipico caso paradigmatico o “per esemplificazione”, il cui valore probativo dipende solo dal significato intensionale, ovvero dalla *pregnanza* dell'esempio (cfr. *infra*, p. 207).

⁶¹ Cfr. W. James, *The Principles of Psychology*, cit., p. 635, nota.

“senso comune” come facoltà di unificazione), non si capisce in cosa esse debbano distinguersi da una *funzione intellettuale di giudizio* che “leggi” discorsivamente i contenuti sensibili elementari. Si ripropone, così, il problema kantiano del raddoppiamento empirico-trascendentale dell’oggetto della conoscenza. Ora, è lo stesso James a indicare la via che, nelle sue indagini sul tempo, Mach percorre per rimediare a tali difficoltà. Si tratta, anzitutto, di verificare se anche l’ascolto di una melodia o la percezione di un ritmo sonoro, che consideriamo come puri processi temporali senza un diretto coinvolgimento di dimensioni spaziali, non abbiano in realtà una specifica *base fisiologico-materiale* che impedisce di relegarli entro l’ambito etero e soggettivo della coscienza. In secondo luogo, è necessario chiarire il modo in cui diciamo che due brani musicali totalmente *diversi* sono suonati nello *stesso* tempo, e due battiti d’orologio *identici*, ma in successione, sono *distinti* nella nostra coscienza⁶².

Riguardo alla prima questione, è evidente – nota Mach – come l’impossibilità d’individuare un punto di tempo in modo simile ai punti spaziali renda del tutto particolare l’esperienza temporale. La ragione di ciò non risiede però nella peculiarità psichica di tale esperienza, ma nella sua struttura *unidimensionale*⁶³. Anche il punto spaziale, non avendo grandezza, non consente un’esperienza diretta ed effettiva dello spazio. Tuttavia, la bidimensionalità dei piani corporei e la loro integrazione tridimensionale nel corpo vivente permettono in ogni caso di assegnare al punto spaziale una *grandezza derivata* attraverso la localizzazione fisiologica e organica. Così, ad esempio, è possibile ricorrere a sistemi di coordinate cartesiane o di coordinate polari rispetto a uno spazio corporeo di riferimento. Ma qual è il riferimento di un punto temporale che si muove in un flusso continuo disposto in modo lineare? Qui non esiste alcuna base di coordinazione e di localizzazione. Discutendo il tempo fisico e meccanico, Mach aveva individuato il riferimento temporale nei fenomeni del calore e dei contrassegni causali; si trattava però sempre di grandezze il cui senso era derivato dalla *psicofisiologia* della relazione tra memoria e percezione attuale. È dunque proprio questa relazione che ora dev’essere sottoposta a un’indagine più accurata. James ha giustamente riconosciuto che il rapporto tra un evento rivissuto nel ricordo e il vissuto presente di coscienza non può essere all’origine della percezione di tempo, poiché contiene almeno una parte che non è data sensibilmente, ma solo in immagine o rappresentazione. Se pretendessimo di spiegare la *sensazione di tempo* in questo modo, non ci trove-

⁶² Cfr. *ibid.*; CE, p. 417.

⁶³ Cfr. AS, p. 222.

remmo di fronte a una grandezza reale e propria della sensazione, ma solo a una *coincidenza* puntuale, cioè alla simultaneità istantanea tra l'immagine presente del passato e la percezione attuale. Perché, infatti, il "contenuto di passato" dell'immagine del ricordo dovrebbe prevalere sul suo carattere di presente? Si tratta solo di una diversa accentuazione dell'attribuzione, non di una relazione sostenuta da una *ratio* comune. Così come da una sensazione riferita a una qualità contenutistica non può ricavarsi una successione, allo stesso modo dal contenuto di un'immagine non si ricava un processo temporale⁶⁴.

Per evitare tutte queste difficoltà, derivanti dal ricorso a fattori esterni al fenomeno del tempo, Mach pone al centro la *struttura logica* della dimensione temporale, cioè quel «substrato saldo» che si presenta a fondamento della sensazione⁶⁵. È vero – come ha notato James – che il presente continuo o "specioso" si dà come un *segmento* su una linea, ma un segmento è delimitato da due soli punti (poniamo, *A* e *B*), e con questa delimitazione non siamo in grado di spiegarne la grandezza, né possiamo fissare l'orientamento e la direzione della successione. Per sapere che un punto temporale *A* viene *prima* di *B*, dobbiamo già conoscere l'inizio, cioè la singolarità da cui ha origine la direzione. Allo stesso modo, per determinare l'estensione metrica del segmento temporale, abbiamo bisogno di riferirci a un'unità di misura esterna che fissi la grandezza minima, altrimenti ogni segmento può considerarsi composto da un numero infinito di grandezze differenziali che, nella somma, forniscono la stessa metrica. Ma le cose cambiano se il segmento temporale viene inteso come la *sensazione di una relazione* in cui si ha a che fare solo con elementi e rapporti immediati, cioè interni a tale relazione⁶⁶. Come ha osservato James, in un segmento temporale le parti non sono tutte omogenee: esistono "punti d'arresto" e "punti di transizione". Se, per il momento, prescindiamo dal tipo e dal carattere di questa disomogeneità e ci accontentiamo di certificare la rilevanza di una parte rispetto all'altra, possiamo tradurre ciò nell'esistenza di un punto *C*, *intermedio* tra *A* e *B*. In una linea retta, tale punto sarà sempre intermedio, indipendentemente dal verso in cui si svolge il processo. Perciò, quanto maggiore è il numero dei punti intermedi, tanto più grande sarà la distanza tra *A* e *B*, e quindi la *lunghezza* del segmento.

Secondo Mach, il supporto fisiologico che garantisce la fissazione e la moltiplicazione dei valori intermedi è il *grado di consunzione organica che fa*

⁶⁴ Cfr. CE, p. 421.

⁶⁵ CE, p. 422.

⁶⁶ Cfr. CE, pp. 423, 433, 437.

*seguito al lavoro dell'attenzione*⁶⁷. Come a livello fisico l'irreversibilità di un processo termico indica la direzione del tempo, così la fatica del corpo nell'esercizio delle sue funzioni determina una particolare "entropia", che si traduce in un progressivo consumo dell'organo e nella perdita della sua forza, in una direzione che porta all'assuefazione e all'equilibrio dinamico dell'intera struttura. V'è però una differenza fondamentale tra entropia organica e fisica: mentre quest'ultima potrebbe, in linea di principio, svolgersi come una freccia, diretta al punto finale della morte termica che contrassegna la "misura assoluta" del tempo, l'organismo è invece in grado di ristabilire, mediante processi ciclici (omeostatici), il carico iniziale di energia e la sua capacità di attenzione, generando così *nuove fasi temporali*⁶⁸. Tale carattere *circolare* consente di chiarire *l'ordine di relazione fondamentale* che definisce la forma del tempo. Posto, infatti, che tutti i processi si svolgano in modo graduale, è evidente che un conto sia la gradualità lineare, tipica della retta *fisica* temporale, altro conto sia invece la gradualità ciclica dei processi *psicofisiologici*. Per questi processi, non è sufficiente la determinazione dei *punti* intermedi, poiché in un circolo l'istante intermedio può apparire, in un'altra direzione, come l'estremo di un tratto. In tal senso, Mach suggerisce che, nella consunzione organica, la determinazione del tempo debba avvenire mediante il supporto di ciò che, successivamente, verrà definito come "separazione di coppia" riferita a segmenti temporali⁶⁹. Ad esempio, se il *tratto A-C* separa il *tratto B-D*, è evidente che, per andare da *B* a *D*, bisognerà passare *prima* da *A* *oppure* da *C*. Nella separazione di coppia, ciò che precede e che segue risulta sempre univocamente determinato, poiché, in qualsiasi direzione, il tratto *A-C* avrà sempre una sua *parte interna* a *B-D*.

Quest'aspetto trattuale che, come aveva notato James, si svolge mediante *sovrapposizioni asimmetriche*, emerge dalla sequenza delle sensazioni in relazione all'ordine della stimolazione dell'organo e all'attenzione risultante. Se un suono *A* precede un suono *B*, si avrà una sensazione di relazione temporale (una "sensazione di struttura") del tutto diversa rispetto a quella nella quale *B* precede *A*. Si tratta, nota Mach, di una *figura temporale* simile

⁶⁷ Cfr. AS, p. 224.

⁶⁸ In questo senso, i processi ciclici esaminati da Mach sono a fondamento delle più recenti indagini sugli esseri viventi come "sistemi aperti" in equilibrio dinamico (cfr. L. von Bertalanffy, *Teoria generale dei sistemi*, cit., pp. 243-254; J.G. Miller, *Teoria generale dei sistemi viventi*, ed. it. a cura di A. Beretta, Franco Angeli, Milano 1986, in particolare pp. 28-31).

⁶⁹ Cfr. CE, pp. 418 e 421. Si veda anche, a tal riguardo, B.C. van Fraassen, *An Introduction to the Philosophy of Time and Space*, Random House, New York 1970; Columbia University Press, New York 1985², p. 68.

a una figura spaziale irreversibile: anche una casa non viene percepita né ricordata con il tetto rovesciato⁷⁰. A tale scopo, non è tuttavia sufficiente l'ordine della successione, ma occorrono altresì due fattori che stimolino l'attenzione, vale a dire la *vicinanza* e l'*eterogeneità* delle sensazioni. Due suoni troppo distanti non ci permettono di fissare l'ordine temporale, e lo stesso accade per suoni vicini, ma troppo simili. Al contrario, se si succedono due sensazioni eterogenee – ad esempio, un *suono A* e un *colore B* – si sa sempre che *B* è preceduto da *A*, indipendentemente dalla distanza. A tal riguardo, conclude Mach, «è possibile addirittura creare una sorta di *ritmo* sulla base di sensazioni del tutto eterogenee, come suoni, colori, impressioni tattili, e così via»⁷¹.

Così, se da un lato la sensazione di tempo manifesta una struttura ritmica e ciclica, dall'altro si pone la necessità di chiarire il ruolo svolto dall'*attenzione* in rapporto alle particolari figure temporali che sorgono nel suo esercizio. Abbiamo visto, infatti, che nel caso delle sensazioni di spazio e di colore non si danno solo qualità di struttura figurali o compositive, ma anche qualità *antifigurali* e sottrattive. Si dovrà dunque dire lo stesso per la sensazione di tempo? Se in un'immagine spaziale immobile poniamo attenzione a una parte facendo emergere una certa figura, le altre passano nello sfondo, ma non sorgono nuove dimensioni. Perché ciò possa accadere, occorre che l'attenzione si congiunga al movimento, cioè a una *successione* di spazi. La nozione di successione rinvia dunque a un fattore temporale che è esterno all'attenzione rivolta allo spazio. Al contrario, nell'immagine temporale, l'attenzione genera la dimensione propria del tempo, la quale non coincide con l'unidimensionalità della linea (tipica anche dello spazio), ma con la *localizzazione* dei tratti in base alle *qualità temporali* della «durata», dell'«anteriorità» e della «posteriorità». Negli stati d'indifferenza, quando l'attenzione è lieve o completamente assente, anche la sensazione del tempo appare molto breve e la localizzazione temporale risulta impossibile: «nel sonno profondo e senza sogni» – nota Mach – «il giorno di ieri è connesso a quello di oggi solo da un legame intellettuale»⁷². Le sensazioni connesse a un maggior lavoro dell'attenzione garantiscono invece che i tratti temporali, a cui esse si rivolgono, appaiano *posteriori*. Vi sono numerose esperienze in cui il *differimento* provocato dall'attenzione sovverte la relazione temporale tra eventi fisici: così, ad esempio, nel corso di un'operazione, il chirurgo vede *prima* uscire il sangue e *poi* il bisturi incidere⁷³, oppure, in occasione di

⁷⁰ Cfr. AS, p. 222.

⁷¹ AS, p. 223.

⁷² AS, p. 225.

⁷³ Cfr. *ibid.*

uno stimolo acustico molto intenso, si percepisce *prima* l'eccitazione generale e *poi* lo scoppio dell'esplosione⁷⁴.

A questo riguardo, un particolare rilievo assumono, per Mach, le ricerche di Vinko Dvořák e Jan Purkyně, che avevano evidenziato uno scarto tra l'ordine percettivo e l'ordine "obiettivo" della successione fisica di due eventi. Mentre Dvořák aveva applicato alle diverse parti dell'apparato visivo i risultati conseguiti da Friedrich Wilhelm Bessel in merito all'"equazione personale" degli astronomi⁷⁵, rilevando tra esse particolari effetti asincronici che venivano successivamente corretti, Purkyně aveva invece esaminato il caso delle immagini postume positive⁷⁶, nelle quali la fissazione visiva protratta di una figura colorata fa sì che la sua forma, seppur di diverso colore, si mantenga anche *dopo* che abbiamo smesso di fissarla direttamente⁷⁷. A fronte di ciò, si poneva ora un nuovo problema: se l'attenzione e la corrispondente consunzione organica sono condizioni psicofisiologiche essenziali alla grandezza e alla localizzazione temporale, essi sono d'altra parte degli *eventi*, cioè degli stati corporei che, come tali, possono essere *percepiti*. In altri termini, se facessimo "attenzione all'attenzione" e alla rispettiva consunzione, vale a dire se «l'accumulo di una sostanza dell'affaticamento fosse

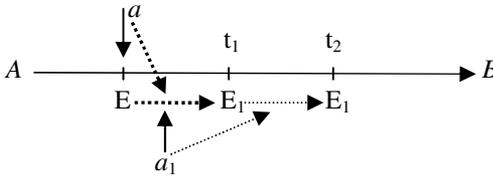
⁷⁴ Cfr. AS, p. 227.

⁷⁵ Cfr. V. Dvořák, *Über Analoga der persönlichen Differenz zwischen beiden Augen und den Netzhautstellen desselben Auges*, «Sitzungsberichte der Königlichen Böhmisches Gesellschaft der Wissenschaft Prague», 1872, pp. 65-74. Nei suoi resoconti sperimentali, Bessel notò discrepanze riguardo alla "variabile temporale individuale" di diversi soggetti nel corso dell'osservazione simultanea di un determinato evento fisico. Si trattava, infatti, di una "differenza costante involontaria" relativa ai momenti dell'osservazione: essa non dipendeva da fattori oggettivi – come la posizione o il metodo di misurazione –, ma dall'intervento di uno specifico fattore umano individuale, per la cui correzione Bessel introdusse un'"equazione personale" che permetteva di ricavare la quantità di tempo da sottrarre o da aggiungere affinché le diverse osservazioni potessero corrispondere. Cfr. F.W. Bessel, *Astronomische Beobachtungen auf der Königlichen Universitäts-Sternwarte in Königsberg. 8. Abteilung vom 1. Januar bis 31. December 1822*, Königsberg 1823, III-VIII; poi con il titolo: *Persönliche Gleichung bei Durchgangsbeobachtungen*, in Id., *Abhandlungen*, Engelmann, Leipzig 1875-1876, vol. III, pp. 300-303. Si veda, a tal riguardo, Ch. Hoffmann, *Constant Differences: Friedrich Wilhelm Bessel, the Concept of the Observer in Early Nineteenth-century Practical Astronomy and the History of the Personal Equation*, «The British Journal for the History of Science», 40, 2007, pp. 333-365. Si confrontino inoltre le belle osservazioni di H. Blumenberg su Bessel in relazione all'"istante del tempo della vita" in *Lebenszeit und Weltzeit*, Suhrkamp, Frankfurt am Main 1986, ed. it. a cura di G. Carchia, *Tempo della vita e tempo del mondo*, il Mulino, Bologna 1996, pp. 280-283 e 297; su ciò, cfr. S. Tedesco, *Forme viventi. Antropologia ed estetica dell'espressione*, Mimesis, Milano 2008, pp. 37 sgg.

⁷⁶ Cfr. J. Purkyně, *Beiträge zur Kenntnis des Sehens in subjectiver Hinsicht*, Calve, Prag 1818; Id., *Beobachtungen und Versuche zur Psychologie der Sinne*, Reimer, Berlin 1823-1826.

⁷⁷ Cfr. AS, p. 226.

sentita direttamente»⁷⁸, dovremmo attenderci per essa il medesimo effetto che si produce quando ci rivolgiamo agli eventi che si danno alla nostra coscienza mediante gli stimoli esterni, originando così un differimento temporale di quella stessa condizione da cui trae origine il differimento. In tal modo, la sovrapposizione degli stati di coscienza di cui parla James non riguarderebbe solo la struttura del flusso reale, ma anche la funzione che gli elementi particolari di tale struttura esercitano nel decorso temporale. Immaginiamo dunque che, sulla *medesima* linea del flusso, l'attenzione (a) spinga temporalmente in avanti la percezione di un evento, determinando un ritardo della sua localizzazione. La funzione dell'attenzione è però un fenomeno percepito (a_1) che, a sua volta, spinge in avanti l'intero tratto a cui appartiene l'evento in ritardo, secondo il seguente schema:



Il paradosso che deriva da un tale schema consiste nel fatto che, *sulla medesima linea temporale*, dovremmo sentire due volte lo stesso evento, cioè esso si darebbe nella coscienza *prima* e *dopo* se stesso. Inoltre, se così fosse, potremmo *sentire* il passato alla stessa stregua del presente attuale, cioè «il tempo potrebbe procedere a ritroso»⁷⁹. Di solito, per ovviare a tale difficoltà, si concepisce il secondo atto d'attenzione (a_1) come situato al livello superiore (+1) della *riflessione* o a quello inferiore (-1) della *manca di coscienza*, ma ciò significherebbe abbandonare il piano fenomenico della sensazione temporale, dal momento che il contenuto dell'atto riflessivo non si darebbe nel vissuto originale, ma solo *in immagine*. D'altronde, la soluzione proposta da James, consistente nel richiamarsi alla continuità del flusso in cui ogni momento contiene traccia del passato e anticipa il futuro, sembra risolvere solo in parte la questione, poiché si basa sul presupposto che ogni "tratto" di localizzazione, indipendentemente dalla sua grandezza, debba intendersi come un'unità "fusa", i cui elementi non sono mai individuabili. Infatti, se anche le parti più piccole sono complessi continui, da dove deriva il criterio che permette di comporre gli *elementi* di tali com-

⁷⁸ AS, p. 227.

⁷⁹ AS, p. 227.

plessi? È evidente come, in questa prospettiva, la coscienza non dovrebbe agire solo a livello delle macrostrutture temporali, ma anche in ogni loro parte infinitesima, sicché, in ultima istanza, essa opererebbe come un presupposto metafisico in virtù del quale l'impiego del termine "durata" non si rivelerebbe certo più utile a "salvare" i fenomeni.

In questo senso, Mach cerca all'interno della sensazione di tempo la soluzione per i paradossi della localizzazione temporale, e la trova riprendendo la distinzione tra processi *omodromi* e processi *eterodromi* che caratterizzano, rispettivamente, la percezione dei colori e del chiaroscuro⁸⁰. Se la localizzazione temporale, condizionata dall'attenzione e dalla consunzione organica, avvenisse sempre in modo omodromo o *sulla stessa via*, dovremmo attenderci non solo una determinazione equivoca dei tratti temporali – per cui ognuno risulterebbe, nella *stessa grandezza* del flusso, precedente e successivo –, ma anche un'entropia dello stato psicofisiologico simile a quella del mondo fisico, dal momento che la linea del tempo sarebbe solo un susseguirsi di stati di consunzione sempre più ampi, sovrapposti e irreversibili. Questa "direzione ultima" del processo potrebbe essere contrastata e invertita solo da un processo che si svolgesse in direzione opposta, ma nella sensazione di tempo non v'è nulla che equivalga ai processi *antagonistici* tipici della percezione dei colori. Se, invece, concepiamo la successione delle sensazioni temporali non in modo simile ai colori, ma alla *luminosità* – come James sembrava suggerire con i suoi "punti d'arresto", e come pare più ovvio quando pensiamo alla funzione dell'attenzione –, possiamo allora adottarne anche il rispettivo schema *eterodromo*, poiché «non v'è nulla di assurdo nel supporre che, ad esempio, uno stimolo acustico *percorra contemporaneamente varie vie nervose*, e che l'attenzione s'imbatta in esso in un qualsiasi ordine sconvolto»⁸¹. Non è detto, dunque, che l'attenzione con cui ci accorgiamo di un processo di affaticamento segua la stessa via di tale processo, ossia: uno svolgimento ciclico non è sempre un circolo che ritorna su se stesso, ma può riprodurre o ricostruire la stessa forma con *diverse* localizzazioni degli eventi. Ciò dipende dal fatto che in ogni sequenza ripetitiva ciclica non si tratta dello stesso evento, ma di eventi *simili* o della *stessa famiglia*. Lo schema precedente va dunque modificato come segue:

⁸⁰ Cfr. *supra*, pp. 147-148.

⁸¹ AS, p. 227.

della realtà (allo stesso modo in cui il falso si oppone al vero), ma il suo *complementare*, vale a dire ciò che si presenta come realtà quando si considerino le circostanze relazionali che giustificano la comparsa dei suoi elementi⁸³. Non c'è pertanto da meravigliarsi che si possa «sognare l'acqua che scorre giù da un mulino per un canale inclinato e che *risale* allo stesso mulino per un altro canale lì accanto», poiché, nell'ordine del sogno, «il fatto non [ci] preoccupa minimamente»⁸⁴. Riferendosi agli studi di Marie de Manacéine sull'attività del cervello in occasione degli stati di assenza di coscienza e, soprattutto, alla *Filosofia della mistica* di Carl du Prel⁸⁵, Mach paragona la struttura colloidale delle localizzazioni temporali al «divenir visibile del cielo stellato debolmente luminoso al tramonto del sole»⁸⁶. Da questo punto di vista, volendo rappresentarci la sensazione di tempo come un processo che scorre, piuttosto che all'immagine di un flusso continuo e lineare, dovremmo avvicinarla alla configurazione di un *bacino endoreico*, nel quale diversi canali paralleli procedono senza sbocchi accanto ai canali principali, determinando parziali movimenti d'inversione della corrente. Tutto ciò ci consente di affrontare l'ultima questione, relativa alla *forma* che distingue la sensazione di tempo dalla sensazione di spazio.

3.4. *Le Gestalten spaziali e temporali*

Se nelle relazioni spaziali, e in particolare nelle sensazioni di colore, sembra evidente la presenza di qualità *antifigurali*, più difficile – e forse impossibile – appare tale riscontro per quanto riguarda le relazioni temporali e le *sensazioni di tempo* che ad esse si accompagnano. D'altra parte, questo sostanziale divieto di cogliere nell'insieme complesso del tempo una forma men che “figurale”, cioè di ordine uguale o inferiore alla “somma” degli elementi, pare confermato dal fatto che – come riconoscono Ehrenfels, Meinong e i successivi rappresentanti della *Gestaltpsychologie*⁸⁷ – Mach sia stato il primo a intravedere nelle strutture temporali, che si manifestano già a livello sensibile, un'irriducibilità di principio agli specifici contenuti elementari che contrassegnano le successioni di istanti, momenti e tratti temporali parziali. In due noti passi dell'*Analisi delle sensazioni*, successivamente eret-

⁸³ Cfr. *supra*, p. 127.

⁸⁴ AS, p. 228.

⁸⁵ Cfr. M. de Manacéine, *Sleep: its Physiology, Pathology, Hygiene, and Psychology*, Walter Scott, London 1897; C. du Prel, *Die Philosophie der Mystik*, Günthers, Leipzig 1885, pp. V e 123.

⁸⁶ AS, p. 229.

⁸⁷ Cfr., ad esempio, W. Metzger, *I fondamenti della psicologia della gestalt*, cit., pp. 66 sgg.

ti a paradigma della *figuralità* del tempo, esaminando le *sensazioni di suono* come luoghi privilegiati d'origine e sviluppo delle successioni temporali pure, Mach pone in rilievo la comparsa di *figure temporali* che, come nel caso delle melodie, possono avere diverse "colorazioni acustiche" in virtù della loro trasponibilità su scale differenti, ma mantengono *un'identica forma sonora*, riconoscibile anche da chi non sia esperto e sia dunque privo di conoscenze musicali⁸⁸. Pare così evidente che tale forma, separabile dagli elementi e non riconducibile a una loro analisi o giustapposizione, debba corrispondere alla complessione come oggettività d'ordine senza dubbio *superiore*.

Per chiarire il rapporto tra la sensazione di tempo descritta da Mach e le *Gestalten* temporali – senza ridurre le indagini machiane all'ambito atomistico delle "sensazioni pure"⁸⁹ o all'estremo opposto di una serie d'intuizioni sicuramente "anticipatrici" rispetto alle novità introdotte dalla psicologia della forma⁹⁰ – è utile considerare le osservazioni che, nel suo *Trattato di psicologia*, Wolfgang Metzger svolge a proposito delle "compagini figurali".

Anzitutto, nota Metzger, si tratta di comprendere il significato della *sommabilità* riferita ai fenomeni psichici. Se con "somma" s'intende la combinazione in un tutto di elementi che rimangono in sé immodificati, come accade per le *tessere di un mosaico*, allora ciò non riguarda i fenomeni psichici, poiché questi non possono essere concepiti come parti costitutive statiche di una superficie o di un volume corporeo⁹¹. Perciò, quando si ri-

⁸⁸ Cfr. AS, p. 223: «Come possono presentarsi corpi di *uguale figura spaziale* [*Raumgestalt*], ma di diverso colore, così troviamo qui due compagini sonore di diversa colorazione acustica con un'uguale *figura temporale* [*Zeitgestalt*]. E come nel primo caso ci accorgiamo immediatamente dell'uguaglianza delle componenti della sensazione di spazio, così qui notiamo l'uguaglianza delle componenti della sensazione di tempo o l'uguaglianza del ritmo». AS, p. 251: «*Se due serie di note prendono l'avvio da due note diverse e progrediscono secondo gli stessi rapporti di frequenza, riconosciamo in esse, attraverso la sensazione, la stessa melodia nel modo altrettanto immediato con il quale riconosciamo la figura uguale in due compagini geometricamente simili e similmente disposte.* Melodie uguali, situate diversamente sulla scala, possono essere designate come compagini sonore che hanno un'uguale *figura sonora*, o come figure sonore *simili*» (trad. modificate). L'origine di tali rilievi figurali risale però allo scritto del 1865, *Osservazioni sulla teoria della visione spaziale*, cit., pp. 92 sgg. Su ciò, cfr. K. Mulligan, B. Smith, *Mach and Ehbrenfels: The Foundations of Gestalt Theory*, in B. Smith (ed.), *Foundations of Gestalt Theory*, Philosophia Verlag, Munich and Vienna 1988, pp. 124-157, in particolare pp. 125 sgg.

⁸⁹ Cfr., ad esempio, D. Katz, *Gestaltpsychologie*, Schwabe & Co., Basel 1944, 1948², trad. it. di E. Arian, *La psicologia della forma*, Boringhieri, Torino 1979, p. 29.

⁹⁰ Cfr. K. Mulligan, B. Smith, *Mach and Ehbrenfels: The Foundations of Gestalt Theory* cit., p. 125.

⁹¹ W. Metzger, *I fondamenti della psicologia della gestalt*, cit., p. 64.

fiuta il principio atomistico riferito al campo psichico, si respinge qualcosa che, per definizione, non può essere assegnato come proprietà all'oggetto che si vuole esaminare. In altri termini, *respingere l'atomismo non implica la confutazione della possibilità di sommazione in campo psichico*. Intendendo la sommabilità come proprietà esclusiva dell'atomicità, è facile ricadere in polemiche inutili, poiché *tutti* i fenomeni psichici sono, da un certo punto di vista, sommabili⁹². Ciò dipende dal fatto che essi "esistono" nel modo in cui si manifestano, vale a dire come *forze* o *intensità d'azione*⁹³.

E qui viene la seconda questione. Se sommiamo una *cosa* a un'altra come una certa quantità numerabile e delimitabile nello spazio, otteniamo un risultato *scalare*, poiché un indice numerico è sufficiente a qualificare l'insieme ottenuto. La struttura algebrica di tale somma è di tipo *aritmetico* e, di conseguenza, il tutto coincide con la somma delle parti. Ma una forza è un *vettore* che deve rispettare le regole algebriche e geometriche della somma vettoriale (ad esempio, la "regola del parallelogramma"), includendo il punto d'applicazione, la direzione, il verso e l'intensità di una forza rispetto a un'altra. Il "tutto" assume allora una configurazione che non equivale alla somma dei moduli delle parti, né alla semplice composizione dei loro singoli vettori di forza. Metzger osserva come proprio Mach sia stato in grado di «formulare nuove ipotesi sulla natura degli elementi, considerando le sensazioni di *direzione* al posto di quelle di localizzazione e, per quanto riguarda la percezione acustica, gli *intervalli* invece dei singoli suoni»⁹⁴.

Tuttavia, in questo modo non si è ancora stabilito che, quando più elementi o sensazioni vengano collegati tra di loro, debbano sorgere *proprietà realmente nuove*⁹⁵. A quest'altezza, gli elementi di Mach si mantengono ancora all'interno di una prospettiva atomistica, poiché egli cerca di cogliere le proprietà che *essi* manifestano quando compaiono in un *certo luogo* rispetto ad *altri* elementi. Così, ad esempio, il carattere di una nota fondamentale (udita) è *influenzato* dal carattere di una nota superiore (non udita): qui abbiamo a che fare con un elemento semplice che contiene in sé una certa complessità. Spesso si è cercato di qualificare come un *prodotto di fusione* quest'"influenza" da cui sorge l'insieme complesso⁹⁶. Ma se intendiamo il termine "fusione" nell'unico senso fisico-chimico in cui – al di là degli usi metaforici – esso assume un chiaro significato, allora ciò indica una *transizione di fase* o un *cambiamento di stato di aggregazione* che, nella maggior

⁹² Cfr. *ivi*, p. 65.

⁹³ Cfr. *ivi*, p. 64.

⁹⁴ Cfr. *ivi*, p. 66.

⁹⁵ Cfr. *ibid.*

⁹⁶ Cfr. *ivi*, pp. 66-67.

parte dei casi, è reversibile. Tale reversibilità implica la possibilità di ricostruire l'elemento a partire dal prodotto e, soprattutto, limita il cambiamento di stato – come ha notato Mach – a una descrizione cinematica, poiché esso non contiene in sé quell'aspetto dinamico che lo qualificerebbe come un *processo di cambiamento*.

Per avere un'autentica totalità figurale, ossia una "qualità di complesso", occorre dunque che la molteplicità degli elementi produca *un'unica configurazione fenomenica*, in modo tale che, quando una parte viene tolta o aggiunta, non si verifichino lacune, discontinuità o crescite quantitative, ma solo *modificazioni nel carattere del tutto*⁹⁷. In tal caso, la configurazione fenomenica risultante non rispecchia la *pluralità* delle parti, ma esprime la *funzione* che esse svolgono rispetto all'oggetto o al *riferimento* della configurazione. Ad esempio, nella percezione degli organi doppi, come la vista o l'udito, l'oggetto rimane *lo stesso* anche se vengono meno le sensazioni di *un occhio* o di *un orecchio*, benché – come ha notato Mach – la percezione binoculare fornisca all'oggetto un *carattere* in più, ossia la *modificazione* "dimensionale" della distanza e della profondità⁹⁸. In conclusione, se ci limitiamo alla fusione o alla mancanza di articolazione del tutto, non si spiega il fenomeno della *trasponibilità* delle qualità gestaltiche, ossia il fatto che – ad esempio – il timbro e la melodia di un brano musicale restino uguali pur cambiando l'altezza delle note, o che la forma spaziale resti invariata pur mutando di luogo, grandezza e colore⁹⁹. È evidente che queste componenti – siano esse intese come "aspetti" e "momenti", oppure come parti effettive – devono giocare un ruolo diverso nella costituzione dell'insieme.

A tal riguardo, Metzger individua due fattori che risultano indispensabili per riconoscere una proprietà gestaltica: il primo consiste nella *struttura* o «tettonica» dell'insieme figurale, cioè l'ordine e l'organizzazione che emergono dalle relazioni e dalle loro possibili trasformazioni isomorfe; il secondo ha invece a che fare con l'«essenza» (*Wesen*) o il «carattere espressivo» dell'insieme, che egli qualifica come ciò che, propriamente, viene «incontrato» nella struttura¹⁰⁰. Si tratta – nota Metzger – delle cosiddette "qualità terziarie" già evidenziate da James, le quali, per il fatto d'influenzare il nostro stato d'animo, vengono spesso chiamate in modo erroneo "soggettive". Infatti, tali qualità, pur potendo incidere su di noi e così condizionare i nostri sentimenti, non sono localizzate nel soggetto (non vengono cioè *vissute* come stati propri dell'io), né dipendono dalle caratteristiche dell'individuo

⁹⁷ Cfr. *ivi*, p. 68.

⁹⁸ Cfr. *ivi*, p. 69.

⁹⁹ Cfr. *ivi*, pp. 71-72.

¹⁰⁰ Cfr. *ivi*, pp. 76-77.

che percepisce una determinata totalità gestaltica, ma sono *oggettive e reali* alla stessa stregua della struttura, in quanto immediatamente “contenute” in essa¹⁰¹. In ultima istanza, la struttura è il luogo in cui *si realizza* l'essenza e, in virtù di questa realizzazione, tale luogo assume una funzione privilegiata o *pregnante*. La gravidanza strutturale, determinata dalla concomitante comparsa dell'«essenza» incontrata, è ciò che conferisce *unità* alla compagine figurale e, al tempo stesso, ne consente la trasposizione¹⁰².

Secondo Metzger, Mach avrebbe intravisto la costituzione oggettiva ed espressiva della gravidanza strutturale, ma il suo sviluppo compiuto gli sarebbe stato impedito da un eccessivo risalto dato all'attenzione, che si avvicina invece maggiormente alle “qualità di richiesta” o *valenze* di Kurt Lewin¹⁰³, le quali implicano «il rapporto tra l'oggetto percepito e il soggetto percipiente, e più precisamente il particolare *effetto* di tale rapporto su quest'ultimo»¹⁰⁴. A testimonianza del fatto che Mach abbia chiaramente compreso il «primato fenomenico-espressivo del tutto»¹⁰⁵, in aggiunta ai due luoghi già citati, Metzger menziona un passo dell'*Analisi delle sensazioni* in cui Mach osserva che «si potrebbe pensare che sia più facile ricordare un intervallo che non una melodia. Al contrario, una melodia aiuta *di più* a ricordare, così come si ricorda il *volto* di un individuo e lo si associa a un nome più facilmente di quanto non sia possibile ricordare e associare a un nome un determinato angolo o un *naso*»¹⁰⁶. Vi sarebbe dunque un contrasto, in Mach, tra un residuo sensistico ed elementarizzante, da un lato – frutto dell'adesione all'empirismo di vecchia maniera – e, dall'altro, la dimensione strutturale che invece emerge dalle sue indagini sulle sensazioni spaziali e temporali. Ciò influisce anche sul modo di concepire la teoria delle relazioni, la quale verrebbe trascinata, in ultima istanza, nel medesimo atomismo degli elementi, mettendo capo a un *atomismo delle relazioni*¹⁰⁷. In altri termini – conclude Metzger – il fatto che accanto ad elementi semplici si pongano elementi complessi (le relazioni), non risolve il problema delle qualità figurali, le quali vengono “incontrate” e vissute nell'esperienza in modo assolutamente immediato e semplice, senz'alcun riferimento alle fun-

¹⁰¹ Cfr. *ivi*, pp. 78-79.

¹⁰² Cfr. *ivi*, p. 79.

¹⁰³ Cfr. K. Lewin, *Principles of Topological Psychology*, McGraw-Hill, New York 1936, trad. it. di A. Ossicini, *Principi di psicologia topologica*, OS, Firenze 1970, pp. 105, 176, 232.

¹⁰⁴ W. Metzger, *I fondamenti della psicologia della gestalt*, cit., p. 78.

¹⁰⁵ *Ivi*, p. 73.

¹⁰⁶ AS, p. 252; cfr. W. Metzger, *I fondamenti della psicologia della gestalt*, cit., p. 73.

¹⁰⁷ W. Metzger, *I fondamenti della psicologia della gestalt*, cit., p. 74.

zioni svolte dalle parti oppure alle “richieste” avanzate dal soggetto percipiente.

Tuttavia, per Mach tale contrasto si risolve se si considera non tanto la struttura vissuta nella sua immediatezza espressiva, bensì la struttura *logico-formale*, in sé *anonima*, che si manifesta nell'esperienza e in cui rientra anche il fenomeno dell'attenzione. Nella discussione delle qualità figurali, Metzger riporta, tra le altre, la concezione di Albert Wellek, la quale offre spunti per intendere anche la soluzione offerta, a tal riguardo, da Mach. Secondo Wellek, infatti, «è necessario definire come “qualità di complesso” solo le *qualità veramente miste*, cioè solo quelle proprietà dell'insieme privo di articolazione che non si basano sul *rapporto*, ma sulla *somma non algebrica* delle proprietà delle parti e che perciò, quando avviene la trasposizione, *si modificano*. A questa categoria si potrebbero, ad esempio, attribuire il volume e la chiarezza complessivi di un suono musicale, non però il timbro o il tipo di accordo. La “qualità di complesso” sarebbe quindi la proprietà di un tutto non articolato che, fondamentalmente, può appartenere *anche a un singolo elemento*»¹⁰⁸. Ora, una “somma non algebrica” non può essere né aritmetica, né vettoriale, ma solo *logica*, vale a dire una *successione di disgiunzioni*.

Vediamo ora come questa “logica delle disgiunzioni” operi nel caso della sensazione di tempo descritta da Mach. Anzitutto, è evidente che tale logica debba valere, senz'alcuna difficoltà, per le *Gestalten* che si danno nella sensazione di spazio. Benché, infatti, lo spazio sensibile e fisiologico possa presentare asimmetrie e punti di vista privilegiati, abbiamo sempre la possibilità di ritrovare la *stessa figura* in ogni capovolgimento o variazione che, per disgiunzione, non snaturi le *relazioni interne* tra le sue parti. La sensazione di spazio ci rivela che il prodotto logico delle parti, cioè la loro intersezione nella *ratio* della figura, è un caso particolare dell'insieme-unione che deriva dalla loro somma logica: possiamo vedere lo *stesso* quadrato come disposto su un lato *oppure* come ruotato su un vertice, sebbene, in prima istanza, ci possano apparire due figure differenti. È vero che il movimento, che consente di vedere la stessa figura, ha una matrice (una causa) temporale, ma l'effetto finale, cioè la *congruenza*, è una proprietà esclusivamente spaziale. Se invece – nota Mach – consideriamo la pura sensazione di tempo, ci accorgiamo subito che «l'inversione dell'ordine temporale snatura un evento assai più del capovolgimento di una figura spaziale. Essa fa

¹⁰⁸ Ivi, p. 72; cfr. A. Wellek, *Das absolute Gehör und seine Typen*, «Beihefte zur Zeitschrift für angewandte Psychologie und Charakterkunde», 83, Barth, Leipzig 1938. D'altra parte, Metzger stesso riconosce, poco dopo, che «un'essenza può incorporarsi non solo in strutture e in qualità del tutto, ma anche in semplici qualità sensoriali» (*I fondamenti della psicologia della gestalt*, cit., p. 82).

di un evento addirittura un'esperienza *diversa, nuova*¹⁰⁹. Ma in cosa consiste questa novità?

Qui s'intrecciano due ordini di problemi che è bene tener distinti. Anzi tutto, «nel campo del ritmo e del tempo in generale non esiste alcuna simmetria», poiché «la consunzione e il lavoro dell'attenzione, finché siamo svegli, possono solo *crescere* e non *diminuire*»¹¹⁰. Diventa così comprensibile «perché il tempo fisiologico, così come il tempo fisico, non sia *reversibile*, ma decorra solo in *un senso*»¹¹¹. Tuttavia, abbiamo visto che nella sensazione di tempo, come nella sensazione di spazio, non si danno solo prodotti logici che, in senso stretto, determinano le *Gestalten*, ma anche somme logiche che destrutturano la forma e rendono possibile particolari reversioni temporali. Inoltre, se consideriamo gli eventi microstrutturali considerati da Boltzmann, le reversioni e i capovolgimenti temporali sono in linea di principio ammissibili anche a livello fisico. La logica disgiuntiva sembra dunque valere per *ogni* nozione temporale, così come si ritrova nelle nozioni spaziali. Se somma e prodotto logico caratterizzano sia la sensazione di spazio, sia la sensazione di tempo, vi è ragione di ritenere che tra le due possa istituirsi un perfetto parallelismo. Vi è dunque una *congruenza temporale*, così come si dà una *congruenza spaziale*? Un ritmo, una successione periodica di rintocchi sempre uguali o una trasposizione di accordi sembra in effetti suggerire che vi sia una tale congruenza, e dunque anche che sia possibile una simmetria. Ma il problema che in tal modo viene occultato, e che si rivela decisivo, consiste nel fatto che il termine “figura” viene utilizzato in modo equivoco per lo spazio e per il tempo. Mentre per la sensazione spaziale la congruenza è garantita dal fatto che, nella figura, le relazioni formali siano anche il contenuto della sensazione, nella sensazione di tempo non vi è questa corrispondenza. Infatti «due battute musicali riprodotte l'una accanto all'altra, le quali si presentano all'occhio e all'intelletto come *simmetriche*, non si rivelano affatto tali se riferite alla sensazione di tempo»¹¹². Si potrebbe allora pensare che una tale identità, anche se non simmetrica, ma semplicemente *omologa* o ripetitiva, debba mantenersi nel fenomeno della trasposizione. E in effetti – nota Mach – noi *sentiamo* un ritmo, così come *sentiamo* lo stesso accordo riprodotto con note diverse. Tale apparenza, però, si dissolve se si considera che ciò che si mantiene nella trasposizione è solo uno *schema relazionale che non ha gli stessi contenuti*. Esso può certo essere sentito nella sua forma omologa, ma ciò non ha nulla a che fare col *fenome-*

¹⁰⁹ AS, p. 221.

¹¹⁰ AS, p. 229.

¹¹¹ *Ibid.*

¹¹² *Ibid.*

no sonoro prodotto dall'effettiva esperienza della successione acustica. Se vogliamo che abbia esattamente gli stessi contenuti, dobbiamo *rappresentarlo* spazialmente o concettualmente.

Riassumendo, immaginiamo di rappresentare nello spazio – ad esempio, in un pentagramma – la successione di due battute musicali simmetriche. Ciò significa che $aRb \rightarrow bRa$, vale a dire ritroviamo la trascrizione *spaziale* della stessa nota all'inizio e alla fine della sequenza¹¹³. Si tratta di una *relazione esterna*, poiché il pentagramma, in quanto piano di simmetria indipendente dalle battute, costituisce lo sfondo spaziale comune da cui esse emergono come “figure”. Tuttavia, la sequenza *effettiva* delle battute, anche se visivamente simmetrica, si svolge nella sensazione di tempo in modo *asimmetrico*, cioè $aRb \rightarrow \text{non } (bRa)$, poiché in questo caso non possiamo far corrispondere, in base a un asse mediano, la prima figura alla seconda. L'impossibilità di sovrapporre un momento temporale successivo a uno precedente dipende dal fatto che nella sensazione, così come nella memoria, due momenti temporali istituiscono una *relazione interna*, in cui l'“essere successivo” o “precedente” appartiene all'*essenza* di tali momenti, sicché il loro rapporto non può essere *sentito* diversamente¹¹⁴. Per portarli a congruenza, dovremmo *retrocedere nel tempo*, cioè fare in modo che ciò che è successivo non sia più tale, snaturando così la sensazione di tempo. La “vera” *rappresentazione* del tempo dovrebbe dunque essere $aRb \rightarrow \text{non } (bRa)$, ma, in quanto rappresentazione (e non sensazione), essa dice solo che gli elementi dell'insieme, che avevamo assunto come simmetrici, non sono simmetrici. La formula asimmetrica espressa dalla rappresentazione è quindi un metalinguaggio che non si riferisce a predicati di oggetti, ma a predicati di predicati. In altri termini, il tema di tale metalinguaggio non è il cheno-gramma come posto vuoto espresso dalle variabili che stanno per i particolari elementi o contenuti sensibili, ma la funzione o lo schema relazionale, la cui “*Gestalt*” – se intesa in modo simile all'“essenza” di Mezger – evidentemente non è più la stessa nel passaggio dalla rappresentazione spaziale alla sensazione temporale, *ma non rimane tale nemmeno nella trasposizione della sensazione temporale su un'altra scala musicale*. Ciò che in realtà si mantiene come “identico” nella trasposizione della melodia, non è la funzione specifica, ma la *famiglia* o il *genere* a cui essa appartiene e che è espressa dalla *ratio* tra gli elementi della sensazione. Se dunque vogliamo trovare una corrispondenza – che però non si qualifica come identità, ma

¹¹³ Cfr. *ibid.*

¹¹⁴ Cfr., a tal riguardo, A. Berg, *Phenomenalism, Phenomenology, and the Question of Time. A Comparative Study of the Theories of Mach, Husserl, and Boltzmann*, Lexington Books, Lanham/Boulder/New York/London 2016, pp. 99 sgg.

come somiglianza omologa –, dovremo cercarla riferendoci al *genere* a cui appartengono le molteplici funzioni *simili* alla melodia attualmente percepita¹¹⁵.

Come abbiamo visto, un carattere formale che accomuna due melodie trasposte è il *ritmo*, cioè un fenomeno periodico e oscillatorio che caratterizza molti processi temporali, anche più semplici dei fenomeni musicali¹¹⁶. Un ritmo – osserva Mach – viene “sentito” in concomitanza ai particolari contenuti sonori che si succedono nella battuta, ma la sensazione che lo riguarda *non è posta sulla stessa linea temporale di questi contenuti*. In tal senso, egli veniva chiarendo anche lo svolgimento della dimensione fisica del tempo che aveva delineato nella *Meccanica*. In un’oscillazione temporale fisica, il processo elementare di propagazione causale retroattiva che si verifica nel funzionamento di un campanello elettrico sembra dar vita a un ciclo temporale chiuso in cui, ritmicamente, *si ritorna* ogni volta al punto di partenza. In realtà, poiché il processo causale si svolge nel tempo, il momento finale a cui si perviene alla conclusione di un ciclo non può mai coincidere con il *primo* momento iniziale, ma solo con un momento *dello stesso genere*¹¹⁷. Mentre si può “chiudere” un processo geometrico-spaziale ponendo un punto nello stesso luogo di un’altro (ad esempio, nella rappresentazione schematica “a circuito” del funzionamento del campanello), non si può chiudere un processo temporale ponendo un momento nello stesso “luogo” temporale dell’altro. Come nel caso delle battute simmetriche la loro *vera* rappresentazione temporale è asimmetrica, similmente l’autentica rappresentazione di una sequenza circolare fisica è, in realtà, una *linea spezzata e aperta*, che non evoca alcuna “figura” determinata, ma procede in una sola direzione.

Di conseguenza, rispetto all’insieme formale ritmico di tempo, sia esso fisico o sensibile, i momenti temporali hanno sempre la possibilità di presentarsi come istanze elementari e antifigurati. A ben vedere – conclude Mach – è proprio considerando tali istanze elementari che il tempo assume un *significato formale* nella nostra esperienza, determinando sequenze divergenti o parallele che sono sì “concomitanti”, ma che spesso non coincidono con le sequenze unilineari di tipo geometrico-spaziale. In virtù del suo stato colloidale, *la sensazione di tempo è sempre legata a processi eterodromi*, sicché la somma non algebrica delle sue parti non contiene mai, come un suo caso particolare, la *ratio* della *Gestalt* che ritroviamo nella trasposizione.

¹¹⁵ Cfr. AS pp. 243 sgg.

¹¹⁶ Cfr. AS, p. 223.

¹¹⁷ Cfr. AS, pp. 102-104. Su ciò, cfr. H. Reichenbach, *Filosofia dello spazio e del tempo*, cit., pp. 161-163.

In altri termini, la “qualità figurale” del tempo non è la combinazione, in forma di prodotto, delle proprietà di due o più disgiunzioni che abbiamo la possibilità di “incontrare” *sulla stessa via*, ma una disgiunzione essa stessa, che possiamo di ritrovare nelle *diverse vie* che costituiscono l'insieme colloidale della sensazione di tempo.

A tutto ciò si potrebbe obiettare che, nella trasposizione della melodia, il *genere* a cui le funzioni appartengono è comunque qualificabile come una struttura d'ordine superiore che, in qualche modo, “sussiste” come complessione, cioè come un autentico prodotto logico. Ma se così fosse, avremmo la stessa *esperienza* che sorge in occasione dei differenziali di terz'ordine per le sensazioni di spazio, vale a dire la “rappresentazione temporale” di tale complessione sarebbe possibile solo per l'*intelletto*, mettendo così capo a un insieme di strutture ideali¹¹⁸. In fin dei conti, dunque, se si ammette la superiorità delle figura sonora complessiva rispetto alle sue parti, la soluzione di Meinong appare più corretta di quella intuitivo-sensibile offerta da Schumann, e si mostra altresì come l'unica via d'uscita di fronte alle incertezze psicologico-sensistiche ancora presenti nelle “qualità figurali” di Ehrenfels. Resta in ogni caso il fatto che, per Mach, tale soluzione contraddice il fenomeno per cui noi *sentiamo immediatamente* che si tratta della stessa melodia trasposta in scale differenti. Quest'immediatezza si dà in modo del tutto sensibile, ma il suo *fondamento ultimo* pare non risiedere nella sensibilità, poiché, come abbiamo visto, la concomitanza di due sensazioni non significa la loro congruenza. Pertanto, se non si vuole incorrere nella *lectio facilior* dell'empirismo ingenuo, secondo cui ciò che ci appare immediato è solo il frutto di una sottaciuta mediazione dell'abitudine e dell'associazione, bisogna rintracciare *nella sensazione* di tempo un aspetto che renda plausibile l'emergenza *intuitiva* del lato noetico, senza ricorrere alla moltiplicazione degli ordini strutturali. In *Conoscenza ed errore*, ripercorrendo le «vie della ricerca» che lo hanno condotto dall'analisi delle sensazioni alle indagini logiche sul pensiero, Mach pone l'accento sul fatto che «l'*attenzione* mette in rilievo ora questa ora quella connessione di elementi e li fissa in concetti. Quando il dato reperito viene mantenuto rispetto ad altri, si dimostra sostenibile e c'è conoscenza. Il fondamento di ogni conoscenza è dunque l'*intuizione* [*Intuition*], che può riferirsi sia a ciò che sen-

¹¹⁸ Si tratta, dunque, di un caso simile alla “rappresentazione” nello spazio delle relazioni differenziali di ordine superiore al secondo. Infatti, anche nel caso del processo temporale, emergono dei “punti angolosi”, la cui direzione univoca non si può ricavare dalla rappresentazione spaziale, oppure dei punti *moltiplici* (doppi, tripli, ecc.), che sembrano indicare un ritorno del processo su se stesso, mentre nello svolgimento del *fenomeno temporale* non v'è alcun ritorno.

tiamo attraverso i nostri sensi, sia a ciò che ci rappresentiamo in modo puramente intuitivo [*anschaulich*], sia, infine, al *potenzialmente* intuitivo e concettuale. [...] Indipendentemente dal fatto che veniamo condotti a un nuovo dato effettivo della vita sensoriale o rappresentativa per puro caso o mediante l'estensione dell'esperienza secondo un piano, si tratta sempre di *questo dato*, da cui scaturisce ogni conoscenza»¹¹⁹.

In ultima istanza, per Mach il contrasto tra figurale e antifigurale si risolve considerando che ogni relazione, nelle sue parti sensibili e concettuali, *si costituisce* nell'esperienza, sicché non è possibile intendere la forma e la funzione come due istanze originariamente separate e *poi* condotte a composizione nella struttura. Come le sensazioni – in un senso eminentemente *chimico* – sono le *reazioni* del nostro corpo agli stimoli fisici e fisiologici del mondo esterno, così i concetti sono la *coscienza* di queste reazioni, che includono la varietà del sapere potenziale già prefigurato nell'immediatezza delle prime¹²⁰. I concetti, dunque, sorgono dallo stesso ambito preteoretico e vitale delle sensazioni, stabilendo con esse un *nesso di continuità* che può essere sciolto solo dai bisogni e dagli scopi delle scienze particolari. È forse questo, al di là delle qualificazioni dottrinali, il lascito più importante che l'empirismo di Mach ha trasmesso alla fenomenologia¹²¹.

¹¹⁹ CE, p. 308.

¹²⁰ Cfr. AS, pp. 278 sgg.; CE, pp. 113 e 131. Si veda anche CE, p. 127: «Ogni definizione può contenere a sua volta altri concetti, sicché solo le pietre ultime e *più basse* dell'edificio concettuale possono essere risolte in reazioni sensibili come loro note caratteristiche».

¹²¹ Sui rapporti tra Mach e la fenomenologia, cfr. H. Lübke, *Positivismismo e fenomenologia. Mach e Husserl*, cit., pp. 31 sgg.; C. McGinn, *Mach and Husserl*, «Journal of the British Society for Phenomenology», 3, 2, 1972, pp. 146-157; M. Sommer, *Husserl und der frühe Positivismus*, cit., pp. 7 sgg.; Id., *Denkökonomie und Empfindungstheorie bei Mach und Husserl. Zum Verhältnis von Positivismus und Phänomenologie*, cit., pp. 324-328; F. Stadler, *Ernst Mach – Zu Leben, Werk und Wirkung*, in R. Haller, F. Stadler (hrsg. von), *Ernst Mach – Werk und Wirkung*, cit., pp. 30-31. D. Fisette, *Phenomenology and Phenomenalism: Ernst Mach and the Genesis of Husserl's Phenomenology*, cit., pp. 60 sgg. P. Bucci, *Husserl e Mach: epistemologia e analisi fenomenologica dei vissuti*, cit., pp. 408 sgg.

Bibliografia*

1. Opere di Ernst Mach

Indichiamo di seguito, in ordine cronologico, le principali opere e i saggi machiani utilizzati nel nostro studio. Per una bibliografia dettagliata delle opere di Mach, si veda J. Thiele, *Ernst Mach-Bibliographie*, «Centaurus», 8, 1, 1963, pp. 189-237; A. D'Elia, *Recente bibliografia machiana*, «Rivista Critica di Storia della Filosofia», 30, 2, 1975, pp. 189-203; P. Mahr, *Bibliographie. Ernst Machs Publikationen von 1860 bis 1916*, <https://homepage.univie.ac.at/peter.mahr/2016.1.html>.

Vorträge über Psychophysik, Sommer, Wien 1863.

Untersuchungen über den Zeitsinn des Ohres, «Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe», 51, 2, 1865, pp. 133-150, rist. in J. Moleschott (hrsg. von), *Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere*, 10, 1866, pp. 181-200.

Über die Wirkung der räumlichen Vertheilung des Lichtreizes auf die Netzhaut, «Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe», 52, 2, 1865, pp. 303-322.

Bemerkungen zur Lehre vom räumlichen Sehen, «Zeitschrift für Philosophie und philosophische Kritik», N.F., 46, 1865, pp. 1-5, rist. in Id., *Populär-wissenschaftliche Vorlesungen*, Barth, Leipzig 1896, pp. 117-123, trad. it. di A. Bongioanni, *Osservazioni sulla teoria della visione spaziale*, in LSP, pp. 92-97.

Bemerkungen über intermittirende Lichtreize, «Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin», 8, 1865, pp. 629-635.

Bemerkungen über die Entwicklung der Raumvorstellung, «Zeitschrift für Philosophie und philosophische Kritik», N.F., 49, 1866, pp. 227-232.

Über die Definition der Masse, «Carls Repertorium für Experimental-Physik, für physikalische Technik, mathematische und astronomische Instrumentenkunde», 4, 1868, pp. 355-359.

Über die Abhängigkeit der Netzhautstellen von einander, «Vierteljahrsschrift für Psychiatrie», 2, Heft 1, 1868, pp. 38-51.

Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit. Vortrag gehalten in der K. Böhm. Gesellschaft der Wissenschaften am 15. November 1871, Calve, Prag 1872; zweite Auflage, Barth, Leipzig 1909, trad. it. di L. Guzzardi, *La storia e la radice del principio di conservazione del lavoro*, in E. Mach,

* I passi delle traduzioni italiane riportati nel corpo del testo e nelle note sono stati spesso modificati.

- Scienza tra Storia e Critica*, a cura di L. Guzzardi, Polimetrica, Monza 2005, pp. 41-111. (CL)
- Optisch-akustische Versuche. Die spectrale und stroboskopische Untersuchung tönender Körper*, Calve, Prag 1873.
- Grundlinien der Lehre von der Bewegungsempfindungen*, Engelmann, Leipzig 1875.
- Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt*, Brockhaus, Leipzig 1883, 1912⁷, ora in *Ernst Mach Studienausgabe*, vol. III, hrsg. von G. Wolters und G. Hon, XENOMOI, Berlin 2012, trad. it. di A. D'Elia, *La meccanica nel suo sviluppo storico-critico*, Bollati Boringhieri, Torino 2008. (MSC)
- Beiträge zur Analyse der Empfindungen*, Fischer, Jena 1886; dalla seconda edizione con il titolo: *Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen*, Fischer, Jena 1900; *Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen*, Fischer, Jena 1902³, 1922⁹, ora in *Ernst Mach Studienausgabe*, vol. I, hrsg. von G. Wolters, XENOMOI, Berlin 2008, trad. it. di L. Sosio, *L'analisi delle sensazioni e il rapporto fra fisico e psichico*, Feltrinelli, Milano 1975. (AS)
- Facts and Mental Symbols*, «The Monist», 2, 1892, pp. 198-208.
- On the Principle of the Conservation of Energy*, in: «The Monist». 5, 1, 1894, pp. 22-54, ver. ted., *Über das Prinzip der Erhaltung der Energie*, in Id. *Populär-wissenschaftliche Vorlesungen*, Barth, Leipzig 1896, pp. 154-202, trad. it. di A. Bongioanni, *Del principio della conservazione dell'energia*, in LSP, pp. 98-141.
- Die Prinzipien der Wärmelehre. Historisch-kritisch entwickelt*, Barth, Leipzig 1896, 1900², ora in *Ernst Mach Studienausgabe*, vol. V, hrsg. von M. Heidelberger, W. Reiter und J. Pircher, XENOMOI, Berlin 2016. (PDW)
- Populär-wissenschaftliche Vorlesungen*, Barth, Leipzig 1896, ora in *Ernst Mach Studienausgabe*, vol. IV, hrsg. von E. Nemeth und F. Stadler, XENOMOI, Berlin 2014, trad. it. parziale di A. Bongioanni, *Lecture scientifiche popolari*, Bocca, Torino 1900. (LSP)
- Erkenntnis und Irrtum. Skizzen zur Psychologie der Forschung*, Barth, Leipzig 1905, 1926³, ora in *Ernst Mach Studienausgabe*, vol. II, hrsg. von E. Nemeth und F. Stadler, XENOMOI, Berlin 2011, trad. it. di S. Barbera, con un'Introduzione di A. Gargani, *Conoscenza ed errore. Abbozzi per una psicologia della ricerca*, Einaudi, Torino 1982; nuova ed. it., con un'Introduzione di P. Parrini, *Conoscenza ed errore. Abbozzi per una psicologia della ricerca*, Mimesis, Milano 2017. (La traduzione dell'ed. it. 2017 è la stessa dell'ed. it. 1982; faremo perciò riferimento, per i passi citati, all'ed. it. 1982). (CE)
- Die Leitgedanken meiner naturwissenschaftlichen Erkenntnislehre und ihre Aufnahme durch die Zeitgenossen*, «Scientia», 7, 1910, Nr. 14, pp. 225-240, trad. it. di L. Guzzardi, *Le idee-guida della mia teoria della conoscenza scientifica e la loro ricezione da parte dei contemporanei*, in E. Mach, *Scienza tra Storia e Critica*, a cura di L. Guzzardi, Polimetrica, Monza 2005, pp. 113-133.
- Kultur und Mechanik*, Spemann, Stuttgart 1915; Reprint, Westhafen, Frankfurt am Main 2016.

Die Prinzipien der physikalischen Optik. Historisch und erkenntnispsychologisch entwickelt, Barth, Leipzig 1921, ora in *Ernst Mach Studienausgabe*, vol. VI, hrsg. von D. Hoffmann und J. Pircher, XENOMOI, Berlin 2020. (PPO)

2. Letteratura critica sulla filosofia e la teoria degli elementi di Mach

- Abb E., *Kritik des Kantischen Apriorismus vom Standpunkt des reinen Empirismus aus, unter besonderer Berücksichtigung von J. Stuart Mill und Mach*, «Archiv für die gesamte Psychologie», Sonderabdruck, 7, h. 3/4, Engelmann, Leipzig 1906.
- Adler F., *Die Entdeckung der Weltelemente. Zu Ernst Machs 70. Geburtstag*, «Der Kampf», 5, 1908, pp. 231-240.
- Adler F., *Ernst Machs Überwindung des mechanischen Materialismus*, Verlag der Wiener Volksbuchhandlung Ignaz Brand & Co., Wien 1918, trad. it. di A. Negri, *Ernst Mach e il materialismo*, Armando, Roma 1978.
- Baç M., *Structure versus Process: Mach, Hertz, and the Normative Aspect of Science*, «Journal for General Philosophy of Science», 31, 2000, pp. 39-56.
- Banks E.C., *Ernst Mach's "New Theory of Matter" and his Definition of Mass*, «Studies in History and Philosophy of Modern Physics», 33, 2002, pp. 605-635.
- Banks E.C., *Ernst Mach's World Elements. A Study in Natural Philosophy*, Springer, Dordrecht 2003.
- Banks E.C., *Metaphysics for Positivists: Mach versus the Vienna Circle*, in L. Guidetti, G. Mancuso (a cura di), *La metafisica del positivismo*, cit., pp. 57-77.
- Banks E.C., *The Case for Mach's Neutral Monism*, in P. Gori (a cura di), *Ernst Mach tra scienza e filosofia*, cit., pp. 77-100.
- Banks E.C., *The Philosophical Roots of Ernst Mach's Economy of Thought*, «Synthese», 139, 2004, pp. 23-53.
- Banks E.C., *The Realistic Empiricism of Mach, James, and Russell. Neutral Monism Reconceived*, Cambridge University Press, Cambridge 2014.
- Barbour J.B., *The Discovery of Dynamics: A Study from a Machian Point of View of the Discovery and the Structure of Dynamical Theories*, Oxford University Press, Oxford 2001.
- Baumann J., *Über Ernst Machs philosophische Ansichten*, «Archiv für systematische Philosophie», 4, 1898, pp. 44-64.
- Becher E., *The Philosophical Views of Ernst Mach*, «The Philosophical Review», XIV, 5, 1905, pp. 535-562.
- Beer Th., *Die Weltanschauung eines modernen Naturforschers. Ein nicht-kritisches Referat über Mach's "Analyse der Empfindungen"*, Reissner, Dresden und Leipzig 1903.
- Berg A., *Phenomenalism, Phenomenology, and the Question of Time. A Comparative Study of the Theories of Mach, Husserl, and Boltzmann*, Lexington Books, Lanham/Boulder/New York/London 2016.
- Bhattacharya M., *Ernst Mach: Neutral Monism*, «Studi Internazionali di Filosofia», 4, 1972, pp. 145-182.

- Blackmore J.T. (ed by), *Ernst Mach – A Deeper Look. Documents and New Perspectives*, Kluwer, Dordrecht 1992.
- Blackmore J.T., *Boltzmann's Concessions to Mach's Philosophy of Science*, in *Ludwig Boltzmann Gesamtausgabe*, 8. Ausgewählte Abhandlungen der Internationalen Tagung Wien 1981, ed. by R. Sexl and J. Blackmore, Akademische Druck- und Verlagsanstalt, Graz 1982, pp. 155-90.
- Blackmore J.T., *Ernst Mach. His Work, Life, and Influence*, University of California Press, Berkeley-Los Angeles-London 1972.
- Blackmore J.T., Héntschel K. (hrsg. von), *Ernst Mach als Aussenseiter. Machs Briefwechsel über Philosophie und Relativitätstheorie mit Persönlichkeiten seiner Zeit. Auszug aus dem letzten Notizbuch von Ernst Mach*, Braumüller, Wien 1985.
- Blackmore J.T., Itagaki R., Tanaka S. (ed. by), *Ernst Mach's Vienna 1895-1930. Or Phenomenalism as Philosophy of Science*, Kluwer, Dordrecht 2001.
- Blackmore J.T., *Mach über Atome und Relativität – neueste Forschungsergebnisse*, in R. Haller, F. Stadler (hrsg. von), *Ernst Mach – Werk und Wirkung*, cit., pp. 463-483.
- Bode B.H., *Ernst Mach and the New Empiricism*, «The Journal of Philosophy, Psychology and Scientific Methods», XIII, 11, 1916, pp. 281-290.
- Bouvier R., *La pensée d'Ernst Mach. Essai de biographie intellectuelle et de critique*, Libraire au Vélin d'or, Paris 1923.
- Bradley J., *Mach's Philosophy of Science*, The Athlone Press, London 1971, Reprint, Bloomsbury, London-New Delhi-New York-Sidney 2013.
- Brans C., Dicke R.H., *Mach's Principle and a Relativistic Theory of Gravitation*, «Physical Review», 124, 3, 1961, pp. 925-935.
- Bucci P., *Husserl e Mach: epistemologia e analisi fenomenologica dei vissuti*, «Intersezioni», XXXV, 3, 2015, pp. 405-423.
- Bucci P., *La filosofia naturale di Ernst Mach e il problema dell'unità delle scienze*, «Intersezioni», XXXIX, 1, 2019, pp. 57-75.
- Bunge M., *Mach's Critique of Newtonian Mechanics*, «American Journal of Physics», 34, 1966, pp. 585-596.
- Buzello H., *Kritische Untersuchung von Ernst Machs Erkenntnistheorie*, «Kant-Studien» Erg.-H. 23, Berlin 1911.
- Buzzoni M., *Ernst Mach interprete di Pierre Duhem. Valore e limiti della sperimentazione mentale*, in P. Gori (a cura di), *Ernst Mach tra scienza e filosofia*, cit., pp. 151-169.
- Čapek M., *Ernst Mach's Biological Theory of Knowledge*, «Synthese», 18, 1968, pp. 171-191.
- Carus P., *Professor Mach's Term "Sensation"*, «The Monist», 3/2, 1893, pp. 298-299.
- Centi B., *Kant e Herbart, matematica e psicologia in Mach*, «Giornale critico della filosofia italiana», 76, 1997, pp. 446-460.
- Cohen S., Seeger R.J. (ed by), *Ernst Mach Physicist and Philosopher*, Reidel, Dordrecht 1970.
- D'Elia A., *Ernst Mach*, La Nuova Italia, Firenze 1971.
- Dingler H., *Die Grundgedanken der Machschen Philosophie*, Barth, Leipzig 1924, pp. 53 sgg.

- DiSalle R., *Reconsidering Ernst Mach on Space, Time and Motion*, in D.B. Malament (ed. by), *Reading Natural Philosophy: Essays in the History and Philosophy of Science and Mathematics*, Open Court, Chicago 2002, pp. 167-191.
- Edgar S., *The Limits of Experience and Explanation: F. A. Lange and Ernst Mach on Things in Themselves*, «British Journal for the History of Philosophy», 21, 1, 2013, pp. 100-121.
- Ferrari M., “*Uno strenuo difensore*” di Mach: John Bernhard Stallo, in P. Gori (a cura di), *Ernst Mach tra scienza e filosofia*, cit., pp. 101-127.
- Fisette D., *Phenomenology and Phenomenalism: Ernst Mach and the Genesis of Husserl's Phenomenology*, «Axiomathes», 22, 2012, pp. 53-74.
- Gerhards K., *Machs Erkenntnistheorie und der Realismus*, Spemann, Stuttgart 1914.
- Goeres R., *Sensualistischer Phänomenalismus und Denkökonomie. Zur Wissenschaftskonzeption Ernst Machs*, «Journal for General Philosophy of Science», 35, 1, 2004, pp. 41-70.
- Gori P. (a cura di), *Ernst Mach tra scienza e filosofia*, ETS, Pisa 2018.
- Gori P., *Ernst Mach dal punto di vista storico-critico*, in Id. (a cura di), *Ernst Mach tra scienza e filosofia*, cit., pp. 11-31;
- Guidetti L., *Il problema dell'analogia in Ernst Mach*, in P. Gori (a cura di), *Ernst Mach tra scienza e filosofia*, cit., pp. 53-75.
- Gulì S., *Elementi, sensazioni e connessioni funzionali. La filosofia naturale di Ernst Mach*, Unicopli, Milano 2007.
- Guzzardi L., *Energy, Metaphysics, and Space: Ernst Mach's Interpretation of Energy Conservation as the Principle of Causality*, «Science & Education», 23, 2014, pp. 1269-1291.
- Haller R. & Stadler F. (hrsg. von), *Ernst Mach – Werk und Wirkung*, Hölder-Pichler-Tempsky, Wien 1988.
- Haller R., *Grundzüge der Machschen Philosophie*, in R. Haller & F. Stadler (hrsg. von), *Ernst Mach – Werk und Wirkung*, cit., pp. 64-86.
- Hamilton A., *Ernst Mach and the Elimination of Subjectivity*, «Ratio (New Series)», III, 2, 1990, pp. 117-135.
- Heidelberger M., *Functional relations and causality in Fechner and Mach*, «Philosophical Psychology», 23, 2, 2010, pp. 163-172.
- Heller K.D., *Ernst Mach. Wegbereiter der modernen Physik*, Springer, Wien-New York 1964.
- Henning H., *Ernst Mach als Philosoph, Physiker und Psycholog*, Barth, Leipzig 1915.
- Holton G., *Ernst Mach and the Fortunes of Positivism in America*, «Isis», 83, 1, 1992, pp. 27-60.
- Hönigswald R., *Zur Kritik der Machschen Philosophie. Eine erkenntnistheoretische Studie*, Schwetschke und Sohn, Berlin 1903.
- Janik A., Toulmin S., *Wittgenstein's Vienna*, Simon and Schuster, New York 1973, trad. it. di U. Giacomini, *La grande Vienna*, Garzanti, Milano 1984.
- Klein A., *On the Philosophical and Scientific Relationship between Ernst Mach and William James*, in J. Preston (ed. by), *Interpreting Mach: Critical Essays*, cit., pp. 103-122.

- Kleinpeter H., *Der Phänomenalismus. Eine naturwissenschaftliche Weltanschauung*, Barth, Leipzig 1913.
- Kleinpeter H., *Die Erkenntnistheorie der Naturforschung der Gegenwart. Unter Zugrundelegung der Anschauungen von Mach, Stallo, Clifford, Kirchhoff, Hertz, Pearson und Ostwald*, Barth, Leipzig 1905.
- Kleinpeter H., *J.B. Stallo als Erkenntniskritiker*, «Vierteljahrsschrift für Wissenschaftliche Philosophie», 25, 1901, pp. 401-440.
- Kleinpeter H., *Kant und die naturwissenschaftliche Erkenntniskritik der Gegenwart (Mach, Hertz, Stallo, Clifford)*, «Kant-Studien», 8, 1903, pp. 258-320.
- Kleinpeter H., *On the Monism of Professor Mach*, «The Monist», 16/2, 1906, pp. 161-168.
- Kleinpeter H., *Ueber Ernst Mach's und Heinrich Hertz' principielle Auffassung der Physik*, «Archiv für systematische Philosophie», V, 1899, pp. 159-184.
- Kořakowski L., *Filozofia pozytywistyczna (Od Hume'a do Kota Wiedeńskiego)*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warschau 1966, trad. it. di N. Paoli, *La filosofia del positivismo*, Laterza, Roma-Bari 1974.
- König G., *Der Wissenschaftsbegriff bei Helmholtz und Mach*, in A. Diemer (hrsg. von), *Beiträge zur Entwicklung der Wissenschaftstheorie im 19. Jahrhundert*, Hain, Meisenheim am Glan 1968, pp. 90-104.
- Koslow A., *Mach's Concept of Mass: Program and Definition*, «Synthese», 18, 1968, pp. 216-233.
- Leinfellner W., *Komplementaritätslogik und die Struktur physikalischer Theorien*, «Wissenschaft und Weltbild», 15, 1962, pp. 277-304.
- Leinfellner W., *Physiologie und Psychologie – Ernst Machs "Analyse der Empfindungen"*, in Haller R. & Stadler F. (hrsg. von), *Ernst Mach – Werk und Wirkung*, cit., pp. 113-137.
- Lübbe H., *Positivismus und Phänomenologie (Mach und Husserl)*, in H. Höfling (hrsg. von), *Beiträge zur Philosophie und Wissenschaft. Wilhelm Szilasi zum 70. Geburtstag*, Francke, Munich 1960, pp. 161-184; poi in H. Lübbe, *Bewusstsein in Geschichten. Studien zur Phänomenologie der Subjektivität: Mach, Husserl, Schapp, Wittgenstein*, Rombach, Freiburg 1972, pp. 33-62; trad. it. di G. Mancuso, *Positivismo e fenomenologia. Mach e Husserl*, in L. Guidetti, G. Mancuso (a cura di), *La metafisica del positivismo*, cit., pp. 9-37.
- Lucka E., *Das Erkenntnisproblem und Machs "Analyse der Empfindungen". Eine kritische Studie*, «Kant-Studien», 8, 1904, pp. 396-447.
- McGinn C., *Mach and Husserl*, «Journal of the British Society for Phenomenology», 3, 2, 1972, pp. 146-157
- Moiso F., *Fisica, fisiologia e psicologia nel pensiero di Ernst Mach*, «Annuario filosofico», 13, 1997, pp. 269-303.
- Motz H., *Ernst Mach als Physiker und Historiker der Physik mit Zukunft*, in R. Haller, F. Stadler (hrsg. von), *Ernst Mach – Werk und Wirkung*, cit., pp. 87-112.
- Mulligan K., Smith B., *Mach and Ehbrenfels: The Foundations of Gestalt Theory*, in B. Smith (ed. by), *Foundations of Gestalt Theory*, Philosophia Verlag, Munich and Vienna 1988, pp. 124-157.

- Musil R., *Beitrag zur Beurteilung der Lehren Machs*, Dissertation, Berlin 1908, trad. it. di M. Montinari, *Sulle teorie di Mach*, Adelphi, Milano 1973.
- Natorp P., *Zur Streitfrage zwischen Empirismus und Kritizismus*, «Archiv für systematische Philosophie», V, 1899, pp. 185-201.
- Pauli W., *Der kolloidale Zustand und die Vorgänge in der lebendigen Substanz*, «Naturwissenschaftliche Rundschau», XVII, Nr. 25-26, 1902, pp. 313-316, 325-327.
- Planck M., *Zur Machschen Theorie der physikalischen Erkenntnis. Eine Erwiderung*, «Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Philosophie und Soziologie», 34, 1910, pp. 497-507.
- Poggi S., *Herbart, Mach, Ehrenfels*, in Id. (ed. by), *Gestalt Psychology: Its Origins, Foundations and Influence. An International Workshop*, Olschki, Firenze 1994, pp. 3-19.
- Preston J. (ed. by), *Interpreting Mach. Critical Essays*, Cambridge University Press, Cambridge 2021.
- Preston J., *Mach and Hertz's Mechanics*, «Studies in History and Philosophy of Science», 39, 2008, pp. 91-101.
- Preston J., *Phenomenalism, or Neutral Monism, in Mach's Analysis of Sensations?* in J. Preston (ed. by), *Interpreting Mach: Critical Essays*, cit., pp. 235-257.
- Reinhold F., *Machs Erkenntnistheorie. Darstellung und Kritik*, Klinkhardt, Leipzig 1908.
- Russo Krauss C., *Dall'empiricriticismo al positivismo relativistico. Joseph Petzoldt tra l'eredità di Mach e Avenarius e il confronto con la relatività einsteiniana*, FedOA Press, Napoli 2020.
- Schmitz U., *Das problematische Ich. Machs Egoologie im Vergleich zu Husserl*, Königshausen & Neumann, Würzburg 2004.
- Schnädelbach H., *Erfahrung, Begründung und Reflexion. Versuch über den Positivismus*, Suhrkamp, Frankfurt am Main 1971.
- Sommer M., *Das unrettbare Ich und die beitere Passivität des Ernst Mach*, in L. Guidetti, G. Mancuso (a cura di), *La metafisica del positivismo*, cit., pp. 149-159.
- Sommer M., *Denkökonomie und Empfindungstheorie bei Mach und Husserl. Zum Verhältnis von Positivismus und Phänomenologie*, in Haller, Stadler (hrsg. von), *Ernst Mach – Werk und Wirkung*, cit., pp. 309-328.
- Sommer M., *Husserl und der frühe Positivismus*, Klostermann, Frankfurt am Main 1985.
- Stadler F. (ed by), *Ernst Mach – Life, Work, Influence*, Springer, Cham, Switzerland 2019.
- Stadler F. (hrsg. von), *Ernst Mach – Zu Leben, Werk und Wirkung*, Springer, Cham, Switzerland 2019.
- Stallo J.B., *The Concepts and Theories of Modern Physics*, Appleton, New York 1881-1882, trad. ted. della III ed. ingl. di H. Kleinpeter, *Die Begriffe und Theorien der modernen Physik*, Barth, Leipzig 1901, con una Prefazione (Vorwort) di E. Mach (pp. V-XIII).

- Swoboda W.W., *Physik, Physiologie und Psychophysik – Die Wurzeln von Ernst Machs Empirio-kritizismus*, in R. Haller, F. Stadler (hrsg. von), *Ernst Mach – Werk und Wirkung*, cit., pp. 356-403.
- Swoboda W.W., *The Thought and Work of the Young Ernst Mach*, Dissertation, Pittsburgh 1973.
- Teghil A., *La concezione dell'esperimento mentale in Ernst Mach*, Forum, Udine 2016.
- Thiele J., *Karl Pearson, Ernst Mach, John B. Stallo: Briefe aus den Jahren 1897 bis 1904*, «Isis», 60, 4, 1969, pp. 535-542.
- Thiele J., *William James and Ernst Mach*, «Philosophia naturalis», 9, 3, 1966, pp. 298-310.
- Thiele J., *Wissenschaftliche Kommunikation. Die Korrespondenz Ernst Machs*, Henn, Kastellaun 1978.
- Thiele J., *Zur Wirkungsgeschichte der Schriften Ernst Machs*, «Zeitschrift für philosophische Forschung», 20, 1, 1966, pp. 118-130.
- von Ehrenfels Ch., *Über Gestaltqualitäten*, «Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Philosophie», XIV, 1890, pp. 249-292; trad. it. di E. Melandri, *Le qualità figurali*, in A. Meinong, *Gli oggetti d'ordine superiore in rapporto alla percezione interna*, Ch. von Ehrenfels, *Le qualità figurali*, Parerga, Faenza 1979, pp. 111-141.
- von Mises R., *Ernst Mach und die empiristische Wissenschaftsauffassung. Zu Ernst Machs 100. Geburtstag am 18 Februar 1938*, «Einheitswissenschaft», 7, 1938.
- von Mises R., *Kleines Lehrbuch des Positivismus. Einführung in die empiristische Wissenschaftsauffassung*, W.P. van Stockum/University of Chicago, Den Haag-Chicago 1939, trad. it. di V. Villa, *Manuale di critica scientifica e filosofica*, Longanesi, Milano 1950, pp. 109-125.
- von Sterneck R., *Über die Elemente des Bewusstseins*, «Wissenschaftliche Beilage zum sechzehnten Jahresbericht der Philosophischen Gesellschaft an der Universität zu Wien», Barth, Leipzig 1903, pp. 75-93.

3. Altre opere di riferimento per la teoria degli elementi di Mach

- Avenarius R., *Der menschliche Weltbegriff*, Reisland, Leipzig 1891, 1905², trad. it. di C. Russo Krauss, *Il concetto umano di mondo*, Morcelliana, Brescia 2015.
- Avenarius R., *Kritik der reinen Erfahrung*, 2 Bde. (1888-1890), zweite, verbesserte Auflage, Reisland, Leipzig 1907-1908; trad. it. parziale a cura di A. Verdino, *Critica dell'esperienza pura*, Bari, Laterza, 1972.
- Avenarius R., *Philosophie als Denken der Welt gemäss dem Princip des kleinsten Kraftmasses: Prolegomena zu einer Kritik der reinen Erfahrung*, Fue's Verlag, Leipzig 1876.
- Badino M., *Ludwig Boltzmann e l'alba della probabilità in fisica*, in L. Boltzmann, *Fisica e probabilità*, Edizioni Melquiades, Milano 2011, pp. 11-85.

- Beiser F.C., *The Genesis of Neo-Kantianism, 1796-1880*, Oxford University Press, Oxford 2014.
- Bessel F.W., *Astronomische Beobachtungen auf der Königlichen Universitäts-Sternwarte in Königsberg. 8. Abteilung vom 1. Januar bis 31. December 1822*, Königsberg 1823, III-VIII; poi con il titolo: *Persönliche Gleichung bei Durchgangsbeobachtungen*, in Id., *Abhandlungen*, Engelmann, Leipzig 1875-1876, vol. III, pp. 300-303.
- Blackmore J.T. (ed. by), *Ludwig Boltzmann. His Later Life and Philosophy, 1900-1906, Book One: A Documentary History*, Kluwer/Springer, Dordrecht 1995.
- Blumenberg H., *Lebenszeit und Weltzeit*, Suhrkamp, Frankfurt am Main 1986, ed. it. a cura di G. Carchia, *Tempo della vita e tempo del mondo*, il Mulino, Bologna 1996.
- Boltzmann L., *Der zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie* (1886), in *Populäre Schriften*, cit., pp. 25-50, trad. it. di A. Cercignani, *Il secondo principio della teoria meccanica del calore*, in Id., *Modelli matematici, fisica e filosofia*, cit., pp. 28-50.
- Boltzmann L., *Populäre Schriften*, Barth, Leipzig 1905, p. 324.
- Boltzmann L., *Sul rapporto fra il secondo principio della teoria meccanica del calore*, cit., pp. 256 sgg.; Id., *Über statistische Mechanik* (1904), in *Populäre Schriften*, Barth, Leipzig 1905, pp. 345-363, trad. it. di A. Cercignani, *Sulla meccanica statistica*, in Id., *Modelli matematici, fisica e filosofia. Scritti divulgativi*, a cura di C. Cercignani, Bollati Boringhieri, Torino 2020, pp. 195-210.
- Boltzmann L., *Über die Beziehung zwischen dem zweiten Hauptsatze der mechanischen Wärmetheorie und der Wahrscheinlichkeitsrechnung respective der Sätzen über das Wärmegleichgewicht*, «Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften – mathematisch-naturwissenschaftliche Classe», 76, 1877, pp. 373-435, nachgedruckt in Id., *Wissenschaftliche Abhandlungen*, Bd. 2, Barth, Leipzig 1909, pp. 164-223, trad. it. di M. Badino, *Sul rapporto fra il secondo principio della teoria meccanica del calore e il calcolo delle probabilità relativamente alle leggi sull'equilibrio termico*, in L. Boltzmann, *Fisica e probabilità*, cit., pp. 199-262.
- Boltzmann L., *Über die Grundprinzipien und Grundgleichungen der Mechanik* (1899), in *Populäre Schriften*, cit., pp. 253-307, trad. it. di A. Cercignani, *Sui principi e le equazioni fondamentali della meccanica*, in Id., *Modelli matematici, fisica e filosofia*, cit., pp. 129-160.
- Boltzmann L., *Weitere Studien über das Wärmegleichgewicht unter Gasmolekülen*, «Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften – mathematisch-naturwissenschaftliche Classe», 66, 1872, pp. 275-370; nachgedruckt in Id., *Wissenschaftliche Abhandlungen*, Bd. 1, Barth, Leipzig 1909, pp. 316-402, trad. it. di M. Badino, *Ulteriori studi sull'equilibrio termico tra le molecole di un gas*, in L. Boltzmann, *Fisica e probabilità*, cit., pp. 103-198.
- Bolzano B., *Wissenschaftslehre. Versuch einer ausführlichen und größtentheils neuen Darstellung der Logik mit steter Rücksicht auf deren bisherige Bearbeiter*, in der J.E. v. Seidelschen Buchhandlung, Sulzbach 1837.

- Boole G., *An Investigation of the Laws of Thought, on which are Founded the Mathematical Theories of Logic and Probabilities*, Walton and Maberly, London 1854, ed. it. a cura di M. Trinchero, *Indagine sulle leggi del pensiero su cui sono fondate le teorie matematiche della logica e della probabilità*, Einaudi, Torino 1976.
- Bozzi P., *Fisica ingenua*, Garzanti, Milano 1990.
- Brush S.G., *The Kind of Motion We Call Heat*, North-Holland, Amsterdam 1976.
- Cantù P., *La matematica da scienza delle grandezze a teoria delle forme. L'Ausdehnungslehre di H. Grassmann*, Dissertazione, Milano 2008.
- Carnap R., *Der logische Aufbau der Welt*, Weltkreis-Verlag, Berlin-Schlachtensee 1928, Meiner, Hamburg 1966³, trad. it. di E. Severino, *La costruzione logica del mondo*, UTET, Torino 1997.
- Carnot S., *Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres a développer cette puissance*, Bachelier, Paris 1824, ed. it. a cura di R. Fox, *La potenza del fuoco*, Bollati Boringhieri, Torino 1992.
- Casari E., *Bolzano's Logical System*, Oxford University Press, Oxford 2016.
- Cassirer E., *Substanzbegriff und Funktionsbegriff. Untersuchungen über die Grundfragen der Erkenntniskritik*, Bruno Cassirer, Berlin 1910, trad. it. di E. Arnaud, con un'Introduzione di M. Ferrari, *Sostanza e funzione. Ricerche sui problemi fondamentali della critica della conoscenza*, La Nuova Italia, Firenze 1999.
- Cassirer E., *Zur Einstein'schen Relativitätstheorie*, Bruno Cassirer, Berlin 1920, trad. it. di E. Arnaud, *Sulla teoria della relatività di Einstein*, in Id., *Sostanza e funzione*, cit., pp. 457-613.
- Catena M.T., *Il terzo spazio. La posizione fenomenica e relativista di Kant*, «Scienza&Filosofia», 15, 2016, pp. 121-137.
- Cercignani C., *Ludwig Boltzmann. The Man Who Trusted Atoms*, Oxford University Press, Oxford 1998.
- Clausius R., *Ueber die Art der Bewegung, welche wir Wärme nennen*, «Annalen der Physik», 176, 3, 1857, pp. 353-380.
- Clausius R., *Ueber die bewegende Kraft der Wärme und die Gesetze, welche sich daraus für die Wärmelehre selbst ableiten lassen*, «Annalen der Physik», 155, 3, 1850, pp. 368-397.
- Clausius R., *Ueber eine veränderte Form des zweiten Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie*, «Annalen der Physik», 169, 12, 1854, pp. 481-506.
- Clausius R., *Ueber verschiedene für die Anwendung bequeme Formen der Hauptgleichungen der mechanischen Wärmetheorie*, «Annalen der Physik», 201, 7, 1865, pp. 353-400.
- Clifford W.K., *The Common Sense of the Exact Sciences*, Kegan Paul, London 1885, trad. it. *Il senso comune nelle scienze esatte*, Dumolard, Milano 1886.
- Cohen H., *Kants Theorie der Erfahrung*, Dümmler, Berlin 1871; trad. it. di L. Bertolini, *La teoria kantiana dell'esperienza*, Franco Angeli, Milano 1990.
- Culverwell E.P., *Dr. Watson's Proof of Boltzmann's Theorem on Permanence of Distributions*, «Nature», 50, 1894, p. 617.

- de Manacéine M., *Sleep: its Physiology, Pathology, Hygiene, and Psychology*, Walter Scott, London 1897.
- De Risi V., *Geometry and Monadology. Leibniz's Analysis Situs and the Philosophy of Space*, Birkhäuser, Basel 2007.
- Dijksterhuis E.J., *Archimedes*, Noordhoff, Groningen 1938, trad. it. di G. Baroncelli, M. Bucciattini, M. Porta, *Archimede*, Ponte alle Grazie, Firenze 1989.
- Dingler H., *Die Methode der Physik*, Reinhardt, München 1938, trad. it. di S. Ceccato, *Il metodo della ricerca nelle scienze*, Longanesi, Milano 1953.
- Du Bois-Reymond E., *Über die Grenzen des Naturerkennen*, Veit, Leipzig 1872, ed. it. a cura di V. Cappelletti, *I confini della conoscenza della natura*, Feltrinelli, Milano 1973.
- du Prel C., *Die Philosophie der Mystik*, Günthers, Leipzig 1885.
- Duhem P., *La théorie phisique. Son object et sa structure*, Chevalier & Rivière, Paris 1906, trad. it. di D. Ripa di Meana, *La teoria fisica: il suo oggetto e la sua struttura*, il Mulino, Bologna 1978.
- Duhem P., *Les origines de la statique*, 2 voll., Hermann, Paris 1905-1906.
- Dühring E., *Kritische Geschichte der allgemeinen Principien der Mechanik*, Grieben, Berlin 1873.
- Dvořák V., *Über Analoga der persönlichen Differenz zwischen beiden Augen und den Netzhautstellen desselben Auges*, «Sitzungsberichte der Königlichen Böhmisches Gesellschaft der Wissenschaft Prague», 1872, pp. 65-74.
- Edgar S., *The Physiology of the Sense Organs and Early Neo-Kantian Conceptions of Objectivity: Helmholtz, Lange, Liebmang*, in F. Padovani et al. (eds.), *Objectivity in Science. New Perspectives from Science and Technology Studies*, Springer International Publishing, Switzerland 2015, pp. 101-122.
- Einstein A., Born M., *Scienza e vita. Lettere 1916-1955*, Einaudi, Torino 1973.
- Einstein A., *Prinzipielles zur allgemeinen Relativitätstheorie*, «Annalen der Physik», 55, 1918, pp. 241-244.
- Faggiotto P., *Metodo analitico e ragionamento disgiuntivo nella filosofia trascendentale di Kant*, «Studi Kantiani», 11, 1998, pp. 19-28.
- Fearnley-Sander D., *Hermann Grassmann and the Creation of Linear Algebra*, «The American Mathematical Monthly», 86, 1979, pp. 809-817.
- Fechner G.Th., *Der Raum hat vier Dimensionen*, in Id., *Vier Paradoxa, von Dr. Mises*, Voss, Leipzig 1846, pp. 15-40.
- Fechner G.Th., *Über das Causalgesetz*, «Berichte über die Verhandlungen der Königlich-Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, Mathematisch-Physische Klasse», Bd. 1, Weidmann, Leipzig 1849, pp. 98-120.
- Fechner G.Th., *Elemente der Psychophysik*, Erster und Zweiter Teil, Breitkopf und Härtel, Leipzig 1860.
- Ferrari M., *Categorie e a priori*, il Mulino, Bologna 2003.
- Ferrarin A., *Lived Space, Geometrie Space in Kant*, «Studi kantiani», XIX, 2006, pp. 11-30.
- Forlè F., *Qualità terziarie. Saggio sulla fenomenologia sperimentale*, FrancoAngeli, Milano 2017.

- Frederick R.E., Van Cleve J. (ed by), *The Philosophy of Right and Left*, Kluwer, Dordrecht 1991.
- Gibbs J.W., *A Method of Geometrical Representation of the Thermodynamic Properties of Substances by means of Surfaces* (1873), in *The Scientific Papers of J. Willard Gibbs*, vol. I, Longmans, Green, and Co., London-New York-Bombay 1906.
- Grassmann H., *Die Ausdehnungslehre. Vollständig und in strenger Form*, Enslin, Berlin 1862.
- Grassmann H., *Die Wissenschaft der extensiven Grösse oder die Ausdehnungslehre, eine neue mathematische Disciplin dargestellt und durch Anwendungen erläutert, I. Teil: Die lineale Ausdehnungslehre ein neuer Zweig der Mathematik dargestellt und durch Anwendungen auf die übrigen Zweige der Mathematik, wie auch auf die Statik, Mechanik, die Lehre von Magnetismus und die Krystallonomie erläutert*, Wigand, Leipzig 1844, 1878².
- Guidetti L., Mancuso G. (a cura di), *La metafisica del positivismo*, volume monografico di «Discipline Filosofiche», XXIII, 1, 2013.
- Guidetti L., *Logica e struttura della metafisica in Richard Avenarius*, in L. Guidetti, G. Mancuso (a cura di), *La metafisica del positivismo*, cit., pp. 123-147.
- Günther G., *Das metaphysische Problem einer Formalisierung der transzendental-dialektischen Logik* (1962), ora in Id., *Beiträge zur Grundlegung einer operationsfähigen Dialektik*, Erster Band, Meiner, Hamburg 1976, pp. 189-247.
- Günther G., *Logik, Zeit, Emanation und Evolution* (1967), ora in Id., *Beiträge zur Grundlegung einer operationsfähigen Dialektik*, Dritter Band, Meiner, Hamburg 1980, pp. 95-124.
- Hauptmann C., *Die Metaphysik in der modernen Physiologie. Eine kritische Untersuchung*, Fischer, Jena 1894.
- Helm G., *Die Energetik nach ihrer geschichtlichen Entwicklung*, Veit, Leipzig 1898.
- Herbart J.F., *Allgemeine Metaphysik nebst den Anfängen der philosophischen Naturlehre*, Zweiter, systematischer Teil, Unzer, Königsberg 1829, trad. it. di R. Pettoello, *Metafisica generale con elementi di una teoria filosofica della natura*, Parte sistematica, UTET, Torino 2003, De Agostini, Novara 2013.
- Herbart J.F., *Lehrbuch zur Psychologie*, Unzer, Königsberg 1816, trad. it. di I. Volpicelli, *Manuale di psicologia*, Armando, Roma 1982;
- Herbart J.F., *Psychologie als Wissenschaft neu gegründet auf Erfahrung, Metaphysik und Mathematik*, Unzer, Königsberg 1824-1825, trad. it. di P.U. Pinna Parpaglia, *La Psicologia come scienza rifondata sulla esperienza, sulla metafisica e sulla matematica*, Mathesis, Sassari 1999.
- Hereza Modrego D., *Die Transformation der Frage "quid juris?" bei Kant zu Maimons "Satz der Bestimmbarkeit"*, «Discipline Filosofiche», XXIX, 1, 2019, pp. 231-250.
- Hering E., *Beiträge zur Physiologie*, Zweites Heft, *Von den identischen Netzhautstellen*, Engelmann, Leipzig 1862.

- Hering E., *Zur Lehre vom Lichtsinne. Sechs Mittheilungen an die Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien*, Carl Gerold's Sohn, Wien 1878.
- Herrmann E., *Cultur und Natur. Studien im Gebiete der Wirthschaft*, Allgemeiner Verein für deutsche Literatur, Berlin 1887.
- Hertz H., *Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt*, Barth, Leipzig 1894, trad. it. di A. Zampini, *I Principi della meccanica delineati in una nuova forma*, Bibliopolis, Napoli 2010.
- Hinton Ch.H., *A New Era of Thought*, Swan Sonnenschein & Co., London 1888.
- Hinton Ch.H., *The Fourth Dimension*, Swan Sonnenschein & Co., London 1904.
- Hinton Ch.H., *What Is the Fourth Dimension?*, in Id., *Scientific Romances*, vol. I, Swan Sonnenschein, Lowrey & Co., London 1884, pp. 3-32.
- Hoffmann Ch., *Constant Differences: Friedrich Wilhelm Bessel, the Concept of the Observer in Early Nineteenth-century Practical Astronomy and the History of the Personal Equation*, «The British Journal for the History of Science», 40, 2007, pp. 333-365.
- Hölder O., *Anschauung und Denken in der Geometrie*, Akademische Antrittsvorlesung gehalten am 22. Juli 1899, Teubner, Leipzig 1901.
- Hume D., *A Treatise of Human Nature*, Book I, *Of the Understanding*, John Noon, London 1739, trad. it. di A. Carlini, E. Lecaldano, E. Mistretta, *Trattato sulla natura umana*, Libro primo, *Sull'intelletto*, Laterza, Roma-Bari 1982.
- Husserl E., *Brief an Ernst Mach vom 18.VI.1901*, in J. Thiele, *Wissenschaftliche Kommunikation. Die Korrespondenz Ernst Machs*, Henn, Kastellaun 1978, p. 153-156.
- Husserl E., *Logische Untersuchungen*, Erster Band, *Prolegomena zur reinen Logik*, Niemeyer, Halle 1900, 1913², *Husserliana* Bd. XVIII, hrsg. von E. Holenstein, Nijhoff, Den Haag 1975, trad. it. di G. Piana, *Ricerche logiche*, vol. I, *Prolegomeni a una logica pura*, Il Saggiatore, Milano 1968.
- Husserl E., *Ideen zu einer reinen Phänomenologie und phänomenologischen Philosophie*, Erstes Buch: *Allgemeine Einführung in die reine Phänomenologie*, hrsg. von W. Biemel, Nijhoff, Den Haag 1950, trad. it. di V. Costa, *Idee per una fenomenologia pura e per una filosofia fenomenologica*, Libro primo: *Introduzione generale alla fenomenologia pura*, Einaudi, Torino 2002.
- Jacobi F.H., *Jacobi an Fichte*, Perthes, Hamburg 1799.
- James W., *Essays in Radical Empiricism*, Longmans-Green, New York 1912, ed. it. a cura di S. Franzese, *Saggi di empirismo radicale*, Quodlibet, Macerata 2009.
- James W., *The Principles of Psychology*, Holt & Company, New York 1890.
- Jerusalem W., *Der kritische Idealismus und die Reine Logik. Ein Ruf im Streite*, Braumüller, Leipzig 1905.
- Jolly P., *Die Principien der Mechanik, gemeinfasslich dargestellt*, Francke, Stuttgart 1952.
- Jones O., *The Grammar of Ornament*, London, Day and Son, 1856.
- Joule J.P., *On Matter, Living Force, and Heat* (1847), in *The Scientific Papers of James Prescott Joule*, Taylor and Francis, London 1884, pp. 265-276.
- Kant I., *Kritik der reinen Vernunft* (1781-1787²), *Akademie-Ausgabe*, voll. III-IV (*Kant's Gesammelte Schriften*, Königlich Preußische Akademie der Wissenschaften), Berlin 1900.

- ten, Berlin, 1904-1911), secondo l'impaginazione originale della prima (A) o della seconda (B) edizione, trad. it. di C. Esposito, *Critica della ragione pura*, Bompiani, Milano 2004.
- Kant I., *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*, Hartknoch, Riga 1786, trad. it. di P. Pecere, *Principi metafisici della scienza della natura*, Bompiani, Milano 2003.
- Kant I., *Prolegomena zu einer jeden künftigen Metaphysik, die als Wissenschaft wird auftreten können*, Hartknoch, Riga 1783, trad. it. di P. Carabellese e R. Assunto, *Prolegomeni ad ogni futura metafisica che si presenterà come scienza*, Laterza, Roma-Bari 1990.
- Kant I., *Von dem ersten Grunde des Unterschiedes der Gegenden im Raume* (1768), trad. it. di R. Assunto e R. Hohenemser, *Del primo fondamento della distinzione delle regioni nello spazio*, in Id., *Scritti precritici*, Laterza, Roma-Bari 1990, pp. 411-417.
- Katz D., *Gestaltpsychologie*, Schwabe & Co., Basel 1944, 1948², trad. it. Di E. Arian, *La psicologia della forma*, Boringhieri, Torino 1979.
- Kirchhoff G.R., *Vorlesungen über mathematische Physik. Mechanik*, Teubner, Leipzig 1874-1876.
- Köhler W., *Gestalt Psychology. An Introduction to New Concepts in Modern Psychology*, Liveright, New York 1929, 1992⁴, trad. it. di G. De Toni, *La psicologia della Gestalt*, Feltrinelli, Milano 1971.
- Köhler W., *The Place of Value in a World of Facts*, Liveright, New York 1938, trad. it. di R. e G. Porfidia, *Il posto del valore in un mondo di fatti*, Giunti-Barbèra, Firenze 1969.
- Lange F.A., *Geschichte des Materialismus und Kritik seiner Bedeutung in der Gegenwart*, Zweites Buch: *Geschichte des Materialismus seit Kant*, Baedeker, Iserlohn 1866, 1877³, trad. it. di A. Treves, *Storia critica del materialismo*, II: *La filosofia moderna e il materialismo*, Monanni, Milano 1932.
- Lange O., *Calość i rozowóci w światle*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1962, trad. ingl. di E. Lepa, *Wholes and Parts. A General Theory of System Behaviour*, Pergamon Press, London 1965, trad. it. di R. Sala, *La parte e il tutto. Una teoria generale del comportamento dei sistemi*, Rosenberg & Sellier, Torino 1981.
- Leary D.E., *The Historical Foundation of Herbart's Mathematization of Psychology*, «Journal of the History of Behavioral Sciences», 16, 1980, pp. 150-163.
- Lenin V.I., *Materializm i empiriokriticizm* (1909), trad. it. di F. Platone, *Materialismo ed empiriocriticismo*, Editori Riuniti, Roma 1970.
- Liebmann O., *Über den objektiven Anblick*, Schober, Stuttgart 1869.
- Loschmidt J.J., *Über den Zustand des Wärmegleichgewichtes eines Systems von Körpern mit Rücksicht auf die Schwerkraft*, I, «Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften – mathematisch-naturwissenschaftliche Classe», 73, 1876, pp. 135-139.
- Lott F., *Zur Logik*, Vandenhoeck und Ruprecht, Göttingen 1845.

- Łukasiewicz J., *On Determinism* (1961), in Id., *Selected Works*, ed. by L. Borkowski, North-Holland Publishing Company, Amsterdam-London 1970, pp. 110-128.
- Martinello F., *Gli opposti incongruenti: un paralogismo kantiano?*, «Rivista di Storia della Filosofia», 66, 4, 2011, pp. 679-692.
- Mayer J.R., *Ueber die quantitative und qualitative Bestimmung der Kräfte* (1841), in J.J. Weyrauch, *Kleinere Schriften und Briefe von Robert Mayer*, Cotta, Stuttgart 1893, pp. 100-107.
- Meinong A., *Über Gegenstände höherer Ordnung und deren Verhältnis zur inneren Wahrnehmung*, «Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane», XXI, 1899, pp. 182-272, rist. in Id., *Gesamtausgabe*, Bd. II, *Abhandlungen zur Erkenntnistheorie und Gegenstandstheorie*, hrsg. von R. Haller, R. Kindinger, R.M. Chisholm, Akademische Druck- u. Verlagsanstalt, Graz 1971, pp. 377-480, trad. it. di E. Melandri, *Gli oggetti d'ordine superiore in rapporto alla percezione interna*, in A. Meinong, *Gli oggetti d'ordine superiore in rapporto alla percezione interna*, Ch. von Ehrenfels, *Le qualità figurali*, Parerga, Faenza 1979, pp. 29-110, nuova trad. it. a cura di V. Raspa, *Sugli oggetti di ordine superiore e il loro rapporto con la percezione interna*, in A. Meinong, *Teoria dell'oggetto*, a cura di V. Raspa, Parnaso, Trieste 2002, pp. 155-233.
- Melandri E., *Logica e esperienza in Husserl*, il Mulino, Bologna 1960.
- Melandri E., *La linea e il circolo. Studio logico-filosofico sull'analogia*, il Mulino, Bologna 1968; Quodlibet, Macerata 2004².
- Melandri E., *L'analogia, la proporzione, la simmetria*, ISEDI, Milano 1974.
- Melandri E., *Anonimo salisburghese. Sulle proprietà percettivamente vuote ovvero prive di qualità figurale*, in Id., *Sette variazioni in tema di psicologia e scienze sociali*, Pitagora, Bologna 1984, pp. 179-212.
- Metzger W., *Psychologie. Die Entwicklung ihrer Grundannahmen seit der Einführung des Experiments*, Steinkopff, Darmstadt 1941, 1963³, trad. it. di L. Lumbelli, *I fondamenti della psicologia della gestalt*, Giunti-Barbèra, Firenze 1971.
- Minkowski H., *Raum und Zeit*, «Physikalische Zeitschrift», 10, 1909, pp. 104-111, in Id., *Gesammelte Abhandlungen*, Teubner, Leipzig-Berlin 1911, Bd. II, pp. 431-444.
- Mühlhölzer F., *Das Phänomen der inkongruenten Gegenstücke aus Kantischer und heutiger Sicht*, «Kant-Studien», LXXXIII, 1992, pp. 436-453.
- Müller J., *Über die phantastischen Gesichterscheinungen. Eine physiologische Untersuchung*, Hölscher, Coblenz 1826.
- Nagel E., *The Structure of Science. Problems in the Logic of Scientific Explanation*, Harcourt, Brace & World, New York 1961, trad. it. di C. Sborgi e A. Monti, *La struttura della scienza. Problemi di logica della spiegazione scientifica*, Feltrinelli, Milano 1978.
- Neumann C., *Ueber die Prinzipien der Galilei-Newtonschen Theorie*, Teubner, Leipzig 1870.
- Newton I., *Opticks: or, a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light* (1730), ed. it. a cura di A. Pala, *Ottica, o trattato sulle riflessioni, ri-*

- frazioni, inflessioni e sui colori della luce, in Id., *Scritti di ottica*, UTET, Torino 1978.
- Newton I., *Philosophiae Naturalis Principia mathematica* (1687, 1726³), ed. it. a cura di A. Pala, *Principi matematici della filosofia naturale*, UTET, Torino 1997.
- Ostwald W., *Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus*, Veit, Leipzig 1895.
- Palágyi M., *Neue Theorie des Raumes und der Zeit. Die grundbegriffe einer Metageometrie*, Engelmann, Leipzig 1901.
- Palladino D., Palladino C., *Logiche non classiche. Un'introduzione*, Carocci, Roma 2007.
- Pap A., *An Introduction to the Philosophy of Science*, The Free Press of Glencoe, New York 1962, trad. it. di A. Roatti, a cura di E. Melandri, *Introduzione alla filosofia della scienza*, il Mulino, Bologna 1967.
- Parovel G., *Le qualità espressive. Fenomenologia sperimentale e percezione visiva*, Mimesis, Milano-Udine 2012.
- Parrini P., *Introduzione. Mach scienziato-filosofo*, in CE, pp. 7-54.
- Peano G., *Calcolo geometrico secondo l'Ausdehnungslehre di H. Grassmann preceduto dalle operazioni della logica deduttiva*, Bocca, Torino 1888.
- Pearson K., *Pollock's Spinoza*, «Cambridge Review», 2, 1880, pp. 94-96.
- Pearson K., *The Grammar of Science*, Scott, London 1892, Revised and enlarged Edition, Adam and Charles Black, London 1911³, Dent, London 1937.
- Pettoello R., *Introduzione a Herbart*, Laterza, Roma-Bari 1988.
- Petzoldt J., *Das Gesetz der Eindeutigkeit*, «Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Philosophie», 19, 1895, pp. 146-203.
- Petzoldt J., *Maxima, Minima und Ökonomie*, «Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Philosophie», 14, 1890, pp. 206-239, 354-366, 417-442.
- Pinborg J., *Logik und Semantik im Mittelalter. Ein Überblick*, Frommann-Holzboog, Stuttgart-Bad Cannstatt 1972, trad. it. di F. Cuniberto, *Logica e semantica nel medioevo*, Boringhieri, Torino 1984.
- Porter Th.M., *Karl Pearson. The Scientific Life in a Statistical Age*, Princeton University Press, Princeton and Oxford 2004.
- Purkyně J., *Beiträge zur Kenntnis des Sehens in subjectiver Hinsicht*, Calve, Prag 1818.
- Purkyně J., *Beobachtungen und Versuche zur Psychologie der Sinne*, Reimer, Berlin 1823-1826.
- Rankine J.M., *Outlines of the Science of Energetics*, «The Edinburgh New Philosophical Journal, July-October 1855, Vol. II, pp. 120-141;
- Reichenbach H., *Axiomatik der relativistischen Raum-Zeit-Lehre*, Vieweg, Braunschweig 1924.
- Reichenbach H., *Philosophie der Raum-Zeit-Lehre*, de Gruyter, Berlin-Leipzig 1928, ora in Id., *Gesammelte Werke*, Bd. II, hrsg. von A. Kamlah, M. Reichenbach, Vieweg, Braunschweig-Wiesbaden 1977; trad. ingl. di M. Reichenbach e J. Freund, *The Philosophy of Space and Time*, Dover, New York 1958, trad. it.

- dell'ed. ingl. di A. Carugo, *Filosofia dello spazio e del tempo*, Feltrinelli, Milano 1977.
- Reichenbach H., *Relativitätstheorie und Erkenntnis apriori*, Springer, Berlin 1920, trad. it. di S. Ciolli Parrini e P. Parrini, *Relatività e conoscenza a priori*, Laterza, Bari 1984.
- Ribot Th., *Les maladies de la personnalité*, Alcan, Paris 1885.
- Riehl A., *Der philosophische Criticismus und seine Bedeutung für die positive Wissenschaft*, Bd. II/1: *Die sinnlichen und logischen Grundlagen del Erkenntniss*, Engelmann, Leipzig 1879; Bd. II/2: *Zur Wissenschaftstheorie und Metaphysik*, Engelmann, Leipzig 1887.
- Rusnock P., George R., *A Last Shot at Kant and Incongruent Counterparts*, «Kant-Studien», LXXXVI, 1995, pp. 257-277.
- Russell B., *An Essay on the Foundations of Geometry*, Cambridge University Press, Cambridge 1897; Reprint with a Foreword by M. Kline, Dover, New York 1956.
- Russell B., *Theory of Knowledge. The 1913 Manuscript*, ed. by E.R. Eames, Routledge, London and New York 1992.
- Russo Krauss C., *Il sistema dell'esperienza pura. Struttura e genesi dell'empirio-criticismo di Richard Avenarius*, con una Prefazione di E. Massimilla, Le Cáriti, Firenze 2013.
- Schlick M., *Allgemeine Erkenntnislehre*, Springer, Berlin 1918, trad. it. di E. Palombi, *Teoria generale della conoscenza*, Franco Angeli, Milano 1986.
- Scaravelli L., *Gli incongruenti e la genesi dello spazio kantiano*, «Giornale critico della filosofia italiana», XXXI, 1952, pp. 389-421, poi in Id., *Scritti kantiani*, La Nuova Italia, Firenze 1968, vol. 2, pp. 295-335.
- Schumann F., *Beiträge zur Analyse der Gesichtswahrnehmung* (1900), Barth, Leipzig 1904.
- Schuppe W., *Grundriss der Erkenntnistheorie und Logik*, Weidmannsche Buchhandlung, Berlin 1894.
- Semon R., *Die Mneme, als erhaltendes Prinzip im Wechsel des organischen Geschehens*, Engelmann, Leipzig 1904, 1908².
- Siegel C., *Entwicklung der Raumvorstellung des menschlichen Bewusstseins*, Barth, Leipzig 1899.
- Siegel C., *Über Raumvorstellung und Raumbegriff*, Barth, Leipzig 1905.
- Smith B., Mulligan K., *Pieces of a Theory*, in B. Smith (ed.), *Parts and Moments. Studies in Logic and Formal Ontology*, Philosophia Verlag, München/Wien 1982.
- Speranza F., *Relazioni e strutture*, Zanichelli, Bologna 1970.
- Spinoza B., *Ethica ordine geometrico demonstrata* (1677), trad. it. di S. Giametta, *Etica dimostrata secondo l'ordine geometrico*, Bollati Boringhieri, Torino 1992.
- Spratt J.C., *Some simple chaotic jerk functions*, «American Journal of Physics», 65, 1997, 6, pp. 537-543.
- Stern J.M., *Karl Pearson and the Logic of Science: Renouncing Causal Understanding (the Bride) and Inverted Spinozism*, «South American Journal of Logic», 4, 1, 2018, pp. 219-252.

- Sugiyama T., *Genealogie der antikantischen Raumlehre von Herder zu Riegl. Zur Vorgeschichte von Benjamins Begriff des „Taktischen“*, «Neue Beiträge zur Germanistik», 155, 2017, pp. 62-73.
- Tedesco S., *Forme viventi. Antropologia ed estetica dell'espressione*, Mimesis, Milano-Udine 2008.
- Throesch E.L., *Before Einstein. The Fourth Dimension in Fin-de-Siècle Literature and Culture*, Anthem Press, London 2017.
- Tyndall J., *Six Lectures on Light*, Longmans, Green, and Co., London 1873.
- Tyndall J., *The Forms of Water. Clouds & Rivers, Ice & Glaciers*, Henry S. King & Co., London 1873.
- Überweg F., *Zur Theorie der Richtung des Sehens*, «Zeitschrift für rationelle Medicin», Dritte Reihe, Bd. V, 1859, pp. 268-282.
- Vailati G., *La dimostrazione del principio della leva data da Archimede nel libro primo sull'equilibrio delle figure piane* (1904), in Id., *Scritti*, Barth, Leipzig/Seeber, Firenze 1911, pp. 497-502.
- van Fraassen B.C., *An Introduction to the Philosophy of Time and Space*, Random House, New York 1970; Columbia University Press, New York 1985².
- Verworn M., *Naturwissenschaft und Weltanschauung*, Barth, Leipzig 1904².
- Visser M., *Jerk, snap, and the cosmological equation of state*, «Classical and Quantum Gravity», 21, 2004, 11, pp. 2603-2616.
- Volkman P., *Erkenntnistheoretische Grundzüge der Naturwissenschaften und ihre Beziehungen zum Geistesleben der Gegenwart*, Teubner, Leipzig 1896.
- von Baer K.E., *Welche Auffassung der lebenden Natur ist die richtige? Und wie ist diese Auffassung auf die Entomologie anzuwenden?*, in *Reden gehalten in wissenschaftlichen Versammlungen und kleinere Aufsätze vermischten Inhalts*, Schmittsdorf, St. Petersburg 1864, pp. 237-284.
- von Helmholtz H., *Die Thatsachen in der Wahrnehmung*, Universitätsprogramm, Berlin 1878, trad. it. di V. Cappelletti, *I fatti nella percezione*, in Id., *Opere*, UTET, Torino 1996.
- von Helmholtz H., *Über die Erhaltung der Kraft, eine physikalische Abhandlung*, Reimer, Berlin 1847, ed. it. a cura di V. Cappelletti, *Sulla conservazione della forza*, in Id., *Opere*, UTET, Torino 1996, pp. 49-116.
- Weber E.H., *Über den Raumsinn und die Empfindungskreise in der Haut und im Auge*, Berichte über die Verhandlungen der königlich sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, Mathematisch-physische Classe, Weidmann, Leipzig 1852, pp. 85-164.
- Weismann A., *Zur Frage nach der Unsterblichkeit der Einzelligen*, «Biologisches Centralblatt», IV, 21/22, 1885, pp.650-665 e 677-691, in particolare p. 653.
- Wellek A., *Das absolute Gehör und seine Typen*, «Beihefte zur Zeitschrift für angewandte Psychologie und Charakterkunde», 83, Barth, Leipzig 1938.
- Weyl H., *Raum, Zeit, Materie. Vorlesungen über allgemeine Relativitätstheorie*, Springer, Berlin 1918.

- Weyl H., *Das Kontinuum. Kritische Untersuchungen über die Grundlagen der Analysis*, de Gruyter, Berlin 1932, trad. it. di A.B. Veit Riccioli, *Il continuo. Indagini critiche sui fondamenti dell'Analisi*, Bibliopolis, Napoli 1977.
- Weyl H., *Philosophy of Mathematics and Natural Science*, Princeton University Press, Princeton (NJ) 1949, trad. it. di A. Caracciolo di Forino, *Filosofia della matematica e delle scienze naturali*, Boringhieri, Torino 1967.
- Weyl H., *Symmetry*, Princeton University Press, Princeton 1952, trad. it. di G. Lopez, *La simmetria*, Feltrinelli, Milano 1981.
- Whitehead A.N., *A Treatise on Universal Algebra with Applications*, Cambridge University Press, Cambridge 1898.
- Wolters G., *Mach I, Mach II und die Relativitätstheorie. Eine Fälschung und ihre Folgen*, de Gruyter, Berlin 1987.
- Wundt W., *Die physikalischen Axiome und ihre Beziehung zum Causalprincip. Ein Capitel aus einer Philosophie der Naturwissenschaften*, Enke, Erlangen 1866.

Indice dei nomi

- Abb, E., 217
Adickes, E., 181n.
Adler, F., 9n., 107n., 217
Antistene, 28
Archimede, 21, 39, 40n., 41n., 225
Arian, E., 204n., 228
Aristotele, 41, 48
Arnaud, E., 70n., 178n., 224
Assunto, R., 10n, 154n., 228
Avenarius, R., 11, 12n., 44n., 68, 83, 87,
119n., 130n., 131 e n., 142, 153n.,
221-222, 226, 231

Baç, M., 34n., 217
Badino, M., 98-100n., 222-223
Banks, E.C., 13n., 52n., 66n., 103n.,
108-109n., 112n., 125n., 184n., 217
Barbera, S., 216
Barbour, J.B., 61n., 217
Baroncelli, G., 41n., 225
Baumann, J., 217
Becher, E., 9n., 217
Beer, Th., 217
Beiser, F.C., 176n., 223
Bellone, E., 76n.
Beltrami, E., 30
Beretta, A., 197n.
Berg, A., 13n., 210n., 217
Bernoulli, D., 49n.
Bertolini, L., 174n., 224
Besoli, S., 194n.
Bessel, F.W., 199 e n., 223, 227
Bhattacharya, M., 125n., 217
Biagioli, F., 175n.
Biemel, W., 26n.,
Blackmore, J.T., 12-13n., 17n., 30n.,
102n., 218, 223
Blackmore, S., 194n.
Blumenberg, H., 199n., 223 ¶
Bode, B.H., 9n., 218
Boltzmann, L., 13n., 29, 30 e n., 96, 98-
102 e n., 103-104, 130, 209, 210n.,
217-218, 222-224

Bolzano, B., 92 e n., 128n.
Bompreszi, G., 47n.
Bongioanni, A., 107n., 215-216
Boole, G., 54 e n., 81, 224
Born, M., 9n., 225
Bouvier, R., 218
Bozzi, P., 191n., 224
Bradley, J., 218
Brans, C., 60n., 218
Bronzini, G.B., 75n.
Brush, S.G., 102n., 224
Bucci, P., 13n., 87n., 213n., 218
Bucciantini, M., 41n., 225
Bunge, M., 54n., 218
Bütschli, O., 146
Buzello, H., 218
Buzzoni, M., 45n., 218

Campo, M., 175n.
Cantù, P., 78-79n., 224
Čapek, M., 133n., 218
Cappelletti, V., 19n., 30n., 97n., 144n.,
225, 232
Carabellese, P., 10n, 228
Caracciolo di Forino, A., 135n., 233
Carchia, G., 199n., 223
Carlini, A., 16n., 120n., 227
Carnap, R., 26 e n., 129, 155n., 224
Carnot, S., 88 e n., 97 e n., 224
Cartesio, R., 24
Carugo, A., 72n., 231
Carus, P., 50n., 218
Casari, E., 128n., 224
Cassirer, E., 70n., 78n., 80 e n., 171 e n.,
175n., 178n., 224
Catena, M.T., 154n., 224
Ceccato, S., 225
Centi, B., 112n., 218
Cercignani, A., 101-102n., 223n.
Cercignani, C., 30n., 101-102n., 223-224
Chisholm, R.M., 171n., 229
Ciolli Parrini, S., 35n., 231

- Clausius, R., 96, 97-99 e n., 100, 103, 224
 Clifford, W.K., 9n., 24n., 29 e n., 220, 224
 Cohen, H., 34 e n., 174 e n., 218, 224
 Cornelius, H., 87
 Costa, V., 26n., 227
 Cristin, R., 20n.
 Culverwell, E.P., 98n., 103, 224
 Cuniberto, F., 85n., 230
- D'Elia, A., 39n., 107n., 215, 216, 218
 da Vinci, L., 143
 Dalton, J., 90 e n., 91
 Darwin, C., 68
 de Manacéine, M., 203 e n., 225
 De Risi, V., 154n., 156n., 225
 De Toni, G., 136n., 228
 Democrito, 36 ¶
 Dicke, R.H., 60n., 218
 Diemer, A., 31n., 220
 Dijksterhuis, E.J., 41n., 225 ¶
 Dingler, H., 9n., 141 e n., 168 e n., 218, 225
 Disalle, R., 71n., 219
 Du Bois-Reymond, E., 19n., 24 e n., 225
 du Prel, C., 203 e n., 225
 Duhem, P., 45 e n., 218, 225
 Dühring, E., 23 e n., 225
 Dvořák, V., 199 e n., 225
- Edgar, S., 37n., 138n., 219, 225
 Einstein, A., 9 e n., 47n., 61 e n., 161n., 178n., 224-225, 232
 Epicuro, 28
 Erone, 89
 Esposito, E., 25n., 92n., 228
 Eulero, 68, 78
- Faggiotto, P., 11n., 225
 Fano, V., 47n.
 Fearnley-Sander, D., 81n., 225
 Fechner, G.Th., 17n., 37 e n., 38, 68, 108n., 117 e n., 146, 162 e n., 170n., 219, 225
 Ferrari, M., 10n., 24n., 70n., 219, 224-225
 Ferrarin, A., 154n., 225
- Fichte, J.G., 115 e n., 227
 Fisette, D., 13n., 213n., 219
 Forlè, F., 191n., 225
 Fox, R., 88n., 224
 Franzese, S., 184n., 227
 Frederick, R.E., 154n., 226
 Freund, J., 72n., 230
- Galilei, G., 71 e n., 72n., 90-91, 229
 Gargani, A., 216
 Gauss, K.F., 30, 38, 42, 65, 68, 86, 167-168, 182n.
 George, R., 154n., 231
 Gerhards, K., 219
 Gerhardt, C.I., 95n.
 Giacomini, U., 9n., 219
 Giametta, S., 26n., 231
 Gibbs, J.W., 103 e n., 226
 Giovanelli, M., 37n., 178n.
 Goeres, R., 50n., 219
 Goethe, J.W., 114, 143n., 145
 Gori, P., 9n., 24n., 45n., 125-126n., 217-219
 Graham, T., 146
 Grassmann, H., 78 e n., 79n., 80-81 e n., 224-226, 230
 Gulì, S., 123n., 219
 Günther, G., 12n., 226
 Gurwitsch, A., 187n.
 Guzzardi, L., 9n., 14n., 32n., 215-216, 219
- Haller, R., 9n., 87n., 102n., 104n., 108n., 123n., 170-171n., 213n., 218-222, 229
 Hamilton, A., 120n., 219
 Hauptmann, C., 44n., 131 e n., 226
 Heidelberger, M., 17n., 216, 219
 Heller, K.D., 219
 Helm, G., 102n., 226
 Henning, H., 96n., 219
 Hentschel, K., 218
 Herbart, J.F., 108-109 e n., 110, 111-112 e n., 218, 221, 226, 230
 Hereza Modrego, D., 11n., 226
 Hering, H., 136 e n., 138 e n., 144-146 e n., 147, 163, 179, 226-227
 Herrmann, E., 82n., 227

- Hertz, H., 9n., 24n., 29, 31-34 e n., 35, 64-65 e n., 66n., 76, 81, 102 e n., 217, 220-221, 227
- Hinton, Ch.H., 160, 161 e n., 162, 227
- Hoffmann, Ch., 199n., 227
- Hoffmann, D., 113n., 217
- Höfling, H., 82n., 220
- Hohenemser, R., 154n., 228
- Hölder, O., 40 e n., 227
- Holenstein, E., 83n., 227
- Holton, G., 219
- Hon, G., 216
- Hönigswald, R., 9n., 219
- Howard, D., 47n., 160
- Hume, D., 10, 11n., 16 e n., 120-121 e n., 220, 227
- Husserl, E., 13n., 26n., 75, 82n., 83 e n., 84-85, 86-87 e n., 153n., 194n., 210n., 213n., 217-221, 227, 229
- Itagaki, R., 13n., 218
- Jacobi, F.H., 115 e n., 227
- James, W., 125n., 136 e n., 161, 184-186 e n., 187n., 188-189, 191-192 e n., 193, 194 e n., 195-197, 200-201, 206, 217, 219, 222, 227
- Janik, A., 9n., 219
- Jerusalem, W., 227
- Jolly, P., 23 e n., 227
- Jones, O., 158 e n., 159, 164, 172, 227
- Joule, J.P., 97 e n., 227
- Kamlah, A., 72n., 230
- Kant, I., 9-11 e n., 24-25 e n., 35n., 92 e n., 112n., 122, 133 e n., 154 e n., 156, 157n., 173, 174-179 e n., 181-182 e n., 183, 218, 220, 224-228, 231
- Katz, D., 204n., 228
- Kearns, D.A., 167n.
- Kindinger, R., 171n., 229
- Kirchhoff, G.R., 24n., 29, 30 e n., 220, 228
- Klein, A., 184n., 219
- Kleinpeter, H., 9n., 12n., 23n., 24 e n., 34n., 125n., 220-221
- Kline, M., 23n., 231
- Köhler, W., 136 e n., 143n., 228
- Kořakowski, L., 11n., 220
- König, G., 31n., 220
- Koslow, A., 66n., 220
- Kronecker, L., 169
- Lagrange, J.L., 42, 78
- Lange, F.A., 35 e n., 36, 37-38 e n., 138n., 219, 225, 228
- Lange, L., 71 e n.
- Lange, O., 76 e n., 77n.
- Leary, D.E., 109n., 228
- Lecaldano, E., 16n., 120n., 227
- Leibniz, G.W., 17, 20 e n., 81, 92, 95 e n., 154-155 e n., 225
- Leinfellner, W., 123n., 220
- Lenin, V.I., 228
- Lepa, E., 76n., 228
- Lewin, K., 207 e n.
- Liebmann, O., 138 e n., 228
- Linschoten, J., 194n.
- Lipschitz, R., 30
- Longo, G., 161n.
- Lopez, G., 151n., 233
- Lorenzen, P., 76 e n.
- Loschmidt, J.J., 98n., 103, 228
- Lott, F., 108 e n., 228
- Lotze, H., 30, 179
- Lübbe, H., 82n., 87n., 213n., 220
- Lucka, E., 220
- Ludwig, C., 136
- Łukasiewicz, J., 17n., 229
- Lumbelli, L., 136n., 229
- Mach, E., 9 e n., 10n, 11, 12-14 e n., 15-16, 17 e n., 18-22, 23-24 e n., 29, 30n., 31 e n., 34 n., 36, 37n., 38, 39 e n., 40, 41n., 42-43, 44n., 45 e n., 48, 49 e n., 50 n., 51, 52 e n., 53, 54 e n., 55, 57, 59, 60 e n., 61-63, 64-66 e n., 67, 69, 70 e n., 71-73, 74 e n., 75-78, 80, 81 e n., 82n., 83-86, 87 e n., 88-89, 91-95, 96 e n., 98n., 102 e n., 103n., 104 e n., 105, 107-114 e n., 115, 116 e n., 117-118, 119-120 e n., 121-122, 123-124n., 125-126 e n., 128-132, 133 e n., 134-135, 136 e n., 138-140, 141 e n., 142, 143 e n.,

- 144-147, 148 e n., 149-150, 153-154, 156, 157 e n., 158-159, 162n., 163-165, 167-169, 170 e n., 172-174, 176, 178-179, 181, 182 e n., 183, 184 e n., 194-196, 197 e n., 198-199, 201-203, 204 e n., 205-209, 210n., 211-212, 213 e n., 215-222, 227, 230, 233
- Mahr, P., 215
- Maimon, S., 38n., 178 e n.
- Mancuso, G., 82n., 119-120n., 217, 220-221, 226
- Martinello, F., 154n., 229
- Massimilla, E., 12n., 231
- Maxwell, J.C., 99
- Mayer, J.R., 97 e n., 229
- McGinn, C., 213n., 220
- Meinong, A., 171-172 e n., 203, 212, 222, 229
- Melandri, E., 26n., 60n., 153n., 171-172n., 177n., 194n., 222, 229-230
- Metzger, W., 136n., 203n., 204 e n., 205-206, 207-208 e n., 229
- Mill, J.S., 29, 217
- Miller, J.G., 197n.
- Minkowski, H., 162 e n., 229
- Mistretta, E., 16n., 120n., 227
- Möbius, A.F., 60n.
- Moiso, F., 220
- Moleschott, J., 107n., 215
- Monti, A., 101n., 229
- Montinari, M., 221
- Motz, H., 104n., 220
- Mühlhölzer, F., 154n., 229
- Müller, J., 114, 136-138, 158 e n., 229
- Mulligan, K., 172n., 204n., 220, 231
- Musil, R., 221
- Nagel, E., 101n., 135n., 229
- Natorp, P., 9n., 34 e n., 70n., 221
- Negri, A., 9n., 217
- Nemeth, E., 216
- Neumann, C., 71-72 e n., 73, 229
- Newton, I., 42, 46, 48, 50, 52, 54-58, 66n., 71, 73, 77 e n., 109, 143, 177, 229-230
- Ossicini, A., 207n.
- Ostwald, W., 24n., 102 e n., 220, 230
- Pala, A., 55n., 77n., 229-230
- Palágyi, M., 162n., 230
- Palladino, C., 10n, 230
- Palladino, D., 10n, 230
- Palombi, E., 124n., 231
- Paoli, N., 11n., 220
- Pap, A., 60n., 92n., 135n., 230
- Parrini, P., 9n., 35n., 216n., 230-231
- Pauli, W., 146 e n., 148n., 149, 221
- Paulsen, J., 37n.
- Peano, G., 81 e n., 230
- Pearson, K., 23-24n., 29 e n., 114, 115 e n., 161, 220, 222, 230-231
- Pecere, P., 24n., 228
- Pettoello, R., 109n., 226, 230
- Petzoldt, J., 11, 12n., 68-69 e n., 70, 85, 221, 230
- Piana, G., 83n., 227
- Pinborg, J., 85n., 230
- Pinna Parpaglia, P.U., 108n., 226
- Pircher, J., 113n., 216-217
- Planck, M., 221
- Platone, 69, 161
- Platone, F., 228n.
- Poggi, S., 112n., 221
- Poincaré, H., 161
- Porfidia, G., 136n., 228
- Porfidia, R., 136n., 228
- Porta, M., 41n., 225
- Porter, Th.M., 115n., 230
- Preston, J., 13n., 34n., 81n., 125n., 184n., 219, 221
- Purkyně, J., 199 e n., 230
- Rankine, J.M., 102 e n., 230
- Raspa, V., 172n., 229
- Reichenbach, H., 34, 35n., 71-72, 104n., 161 e n., 181 e n., 182n., 211n., 230-231
- Reichenbach, M., 72n., 230
- Reinhold, F., 221
- Reiter, W., 216
- Rensi, G., 38n.
- Ribot, Th., 120-121 e n., 231
- Riehl, A., 174-176 e n., 179, 231
- Riemann, B., 169

- Roatti, A., 60n., 230
 Rucker, R., 161n.
 Rusnock, P., 154n., 231
 Russell, B., 23 e n., 125n., 184n., 217, 231
 Russo Krauss, C., 12n., 68-69n., 71n.,
 130n., 221-222, 231

 Sala, R., 76n., 228
 Sborgi, C., 101n., 229
 Scaravelli, L., 154n., 231
 Schlick, M., 124n., 231
 Schliemann, O., 177-178n.
 Schmitz, U., 221
 Schnädelbach, H., 221
 Schopenhauer, A., 114
 Schubert-Soldern, R., 124n.
 Schulze, G.E., 38n.
 Schumann, F., 164 e n., 212, 231
 Schuppe, W., 11, 124n., 138 e n., 231
 Schutz, A., 194n.
 Semon, R., 231
 Severino, E., 26n., 155n., 224
 Siegel, C., 176 e n., 231
 Smith, B., 172n., 204n., 220, 231
 Sommer, M., 87n., 109n., 120n., 213n.,
 221
 Spencer, H., 29
 Speranza, F., 117n., 231
 Spinoza, B., 26 e n., 115 e n., 230-231
 Sprott, J.C., 152n., 231
 Stadler, F., 9n., 87n., 102n., 104n., 108n.,
 123n., 170n., 213n., 216, 218-222
 Stallo, J.B., 9n., 23-26 e n., 27-29, 50,
 219-222
 Stedall, J.A., 167n.
 Stern, J.M., 115n., 231
 Stevin, S., 42, 75
 Stöhr, A., 120n.
 Stumpf, C., 179
 Sugiyama, T., 176n., 232
 Swoboda, W.W., 108n., 170n., 222

 Tanaka, S., 13n., 218
 Tassani, I., 47n.
 Tedesco, S., 199n., 232
 Teghil, A., 45n., 222
 Thiele, J., 23n., 87n., 108n., 184n., 215,
 222, 227

 Throesch, E.L., 161n., 232
 Toulmin, S., 9n., 219
 Treves, A., 35n., 228
 Trinchero, M., 54n., 224
 Tylor, E.B., 75 e n.
 Tyndall, J., 147 e n., 148n., 232

 Überweg, F., 136-137 e n., 232

 Vailati, G., 40 e n., 41 n., 232
 Van Cleve, J., 154n., 226
 van Fraassen, B.C., 197n., 232
 Varignon, P., 42
 Vasconi, P., 182n.
 Veit Riccioli, A.B., 187n., 233
 Verdino, A., 131n., 222
 Verworn, M., 232
 Villa, V., 123n., 222
 Visser, M., 152n., 232
 Volkmann, P., 47 e n., 232
 Volpicelli, I., 108 e n., 226
 von Baer, K.E., 191, 192 e n., 232
 von Bertalanffy, L., 76e n., 197n.
 von Ehrenfels, Ch., 112n., 171 e n.,
 172n., 203, 204n., 212, 220-222, 229
 von Helmholtz, H., 13, 29, 30n., 97n.,
 144n., 232
 von Mises, R., 123n., 222
 von Sterneck, R., 12n., 222

 Wallis, J., 167 e n.
 Wangerin, A., 182n.
 Weber, E.H., 157 e n., 179, 232
 Weismann, A., 135 e n., 232
 Wellek, A., 208 e n., 232
 Wertheimer, M., 159 e n.
 Weyl, H., 81 e n., 135n., 151n., 153n.,
 187n., 232-233
 Weyrauch, J.J., 97n., 229
 Whitehead, A.N., 79n., 233
 Willy, R., 11
 Wittgenstein, L., 9n., 81-82n., 219-220
 Wolters, G., 216, 233
 Wundt, W., 13, 14 e n., 233

 Zampini, A., 31n., 227
 Zenone di Elea, 94, 188

Stampa a cura di NW Promozione srl presso lo stabilimento
di Legodigit srl - Lavis (TN)

ALMANACCO DI FILOSOFIA E POLITICA

- Mattia Di Piero, Francesco Marchesi (a cura di), *Almanacco di Filosofia e Politica 1. Crisi dell'immanenza. Potere, conflitto, istituzione*
Mattia Di Piero, Francesco Marchesi, Elia Zaru (a cura di), *Almanacco di Filosofia e Politica 11. Istituzione. Filosofia, politica, storia*
Andrea Di Gesu, Paolo Missiroli (a cura di), *Res publica. La forma del conflitto*

ANALISI FILOSOFICHE

- Massimo Dell'Utri (a cura di), *Olismo*
Rosaria Egidi, Massimo Dell'Utri e Mario De Caro (a cura di), *Normatività, fatti, valori*
Massimo Dell'Utri, *L'inganno assurdo. Linguaggio e conoscenza tra realismo e fallibilismo*
Giacomo Romano, *Essere per. Il concetto di «funzione» tra scienze, filosofia e senso comune*
Sandro Nannini, *Naturalismo cognitivo. Per una teoria materialistica della mente*
Giancarlo Zanet, *Le radici del naturalismo. W.V. Quine tra eredità empirista e pragmatismo*
Rosa M. Calcaterra (a cura di), *Pragmatismo e filosofia analitica. Differenze e interazioni*
Georg Henrik von Wright, *Mente, azione, libertà. Saggi 1983-2003*
Elio Franzini, Marcello La Matina (a cura di), *Nelson Goodman, la filosofia e i linguaggi*
Erica Cosentino, *Il tempo della mente. Linguaggio, evoluzione e identità personale*
Francesca Ervas, *Uguale ma diverso. Il mito dell'equivalenza nella traduzione*
Jlenia Quartarone, *Causazione e intenzionalità. Modelli di spiegazione causale nella filosofia dell'azione contemporanea*
Arianna Bernardi, *Intenzionalità e semantica logica in Edmund Husserl e Anton Marty*
Maria Primo, *Alle radici della parola. L'origine del linguaggio tra evoluzione e scienze cognitive*
Antonio Rainone, *Quale realismo, quale verità. Saggio su W. V. Quine*
Giovanni Tuzet, *La pratica dei valori. Nodi fra conoscenza e azione*
Imre Toth, *La filosofia della matematica di Frege. Una restaurazione filosofica, una controrivoluzione scientifica*
Robert Audi, *Epistemologia. Un'introduzione alla teoria della conoscenza*
Pier Luigi Lecis, Giuseppe Lorini, Vinicio Busacchi, Pietro Salis, Olimpia G. Loddo (a cura di), *Verità Immagine Normatività. Truth, Image, and Normativity*
Joachim Schulte, *Wittgenstein. Un'introduzione*
Frank Plumpton Ramsey, *Sulla verità e Scritti pragmatisti*
Marco Mazzeo, *Logica e tumulti. Wittgenstein filosofo della storia*

ANTROPOLOGIA E FILOSOFIA

Roberto Brigati, Valentina Gamberi (a cura di), *Metamorfosi. La svolta ontologica in antropologia*

Hans Joas, *Come nascono i valori*

CAMPI DELLA PSICHE

Francesco Napolitano, *Sete. Appunti di filosofia e psicoanalisi sulla passione di conoscere*
Felice Cimatti, *Il volto e la parola. Psicologia dell'apparenza*

Stefania Napolitano, *Dal rapport al transfert. Il femminile alle origini della psicoanalisi*

Luca Zendri, *La fabbrica delle psicosi*

Stefania Napolitano, *Clinica della differenza sessuale. Fantasma, sintomo, transfert*

Sarantis Thanopoulos, *Il desiderio che ama il lutto*

Valentina Galeotti, *La verità sulla bellezza. Colloquio sull'arte con Jacques Lacan*

CAMPI DELLA PSICHE. LACANIANA

Jacques-Alain Miller, *L'angoscia. Introduzione al Seminario X di Jacques Lacan*

Éric Laurent, *Lost in cognition. Psicoanalisi e scienze cognitive*

Jacques-Alain Miller (a cura di), *L'anti-libro nero della psicoanalisi*

Antonio Di Ciaccia (a cura di), *Scilicet. Gli oggetti a nell'esperienza psico-analitica*

Lucilla Albano e Veronica Pravadelli (a cura di), *Cinema e psicoanalisi. Tra cinema classico e nuove tecnologie*

Céline Menghi, Chiara Mangiarotti, Martin Egge, *Invenzioni nella psicosi. Unica Zürich, Vaslav Nijinsky, Glenn Gould*

Noëlle De Smet, *In classe come al fronte. Un piccolo, nuovo sentiero nell'impossibile dell'insegnare*

Yves Depelsenaire, *Un'analisi con Dio. L'appuntamento di Lacan con Kierkegaard*

François Regnault, *Conferenze di estetica lacaniana e lezioni romane*

Luisella Mambrini, *Lacan e il femminismo contemporaneo*

Rosamaria Salvatore, *La distanza amorosa. Il cinema interroga la psico-analisi*

Jacques-Alain Miller, *Commento al caso clinico dell'Uomo dei lupi*

Nicolas Floury, *Il reale insensato. Introduzione al pensiero di Jacques-Alain Miller*

Chiara Mangiarotti (a cura di), *Il mondo visto attraverso una fessura. A scuola con i bambini autistici*

Roberto Cavasola, *L'isteria, la depressione e Lacan*

François Ansermet, Ariane Giacobino, *Autismo A ciascuno il suo genoma*

Éric Laurent, *La battaglia dell'autismo. Dalla clinica alla politica*

Fabio Galimberti, *Il corpo e l'opera. Volontà di godimento e sublimazione*

Clotilde Leguil, *Sartre con Lacan. Correlazione antinomica, relazione pericolosa*

Leonarda Razzanelli, *Logica della vita quotidiana. Il soggetto tra ripetizione, identificazione e sintomo*

Hélène Bonnaud, *L'inconscio del bambino. Dal sintomo al desiderio del sapere*

Roberto Cavasola, *Bipolare? La melanconia, la mania, il suicidio e Lacan*

Pasquale Mormile, *Il difetto. Ovvero dell'adolescenza e della pubertà in psicoanalisi*

Francesco La Mantia, *Seconda persona. Enunciazione e psicoanalisi*

Jacques-Alain Miller (a cura di), *Conversazione clinica*

Maurizio Mazzotti, *Il deserto della verità. Una posizione lacaniana*

CAMPI DELLA PSICHE. FILOSOFIE DELL'INCONSCIO

Felice Cimatti, *Il taglio. Linguaggio e pulsione di morte*
Felice Cimatti, Alex Pagliardini (a cura di), *Abbecedario del reale*

DIETRO LO SPECCHIO

Andrea Zucchinalli, *Jacques-André Boiffard. Storia di un occhio fotografico*
Nunzia Palmieri, *Visioni in dissolvenza. Immagini e narrazioni delle nuove città*
Alberto Castoldi, *Epifanie dell'Informe*
Giacomo Raccis, *Una nuova sintassi per il mondo. L'opera letteraria di Emilio Tadini*
Elio Grazioli, *Luca Maria Patella disvelato*
Gabriele Gimmelli, *Un cineasta delle riserve. Gianni Celati e il cinema*

DISCIPLINE FILOSOFICHE

Riccardo Martinelli, *Misurare l'anima. Filosofia e psicofisica da Kant a Carnap*
Luca Guidetti, *La realtà e la coscienza. Studio sulla «Metafisica della conoscenza» di Nicolai Hartmann*
Michele Carenini e Maurizio Matteuzzi (a cura di), *Percezione linguaggio coscienza. Saggi di filosofia della mente*
Stefano Besoli e Luca Guidetti (a cura di), *Il realismo fenomenologico. Sulla filosofia dei Circoli di Monaco e Gottinga*
Roberto Brigati, *Le ragioni e le cause. Wittgenstein e la filosofia della psicoanalisi*
Giroloamo De Michele, *Felicità e storia*
Annalisa Coliva and Elisabetta Sacchi, *Singular Thoughts. Perceptual Demonstrative Thoughts and I-Thoughts*
Vittorio De Palma, *Il soggetto e l'esperienza. La critica di Husserl a Kant e il problema fenomenologico del trascendentale*
Carmelo Colangelo, *Il richiamo delle apparenze. Saggio su Jean Starobinski*
Giovanni Matteucci (a cura di), *Studi sul De antiquissima Italorum sapientia di Vico*
Massimo De Carolis and Arturo Martone (a cura di), *Sensibilità e linguaggio. Un seminario su Wittgenstein*
Stefano Besoli, Massimo Ferrari e Luca Guidetti (a cura di), *Neokantismo e fenomenologia. Logica, psicologia, cultura e teoria della conoscenza*
Stefano Besoli, *Esistenza, verità e giudizio. Percorsi di critica e fenomenologia della conoscenza*
Barnaba Maj, *Idea del tragico e coscienza storica nelle «fratture» del Moderno*
Tamara Tagliacozzo, *Esperienza e compito infinito nella filosofia del primo Benjamin*
Paolo Di Lucia, *Ontologia sociale. Potere deontico e regole costitutive*
Michele Gardini e Giovanni Matteucci (a cura di), *Gadamer: bilanci e prospettive*
Luca Guidetti, *L'ontologia del pensiero. Il «nuovo neokantismo» di Richard Högniswald e Wolfgang Cramer*
Michele Gardini, *Filosofia dell'enunciazione. Studio su Martin Heidegger*
Giulio Raio, *L'io, il tu e l'Es. Saggio sulla Metafisica delle forme simboliche di Ernst Cassirer*
Marco Mazzeo, *Storia naturale della sinestesia. Dal caso Molyneux a Jakobson*
Lorenzo Passerini Glazel, *La forza normativa del tipo. Pragmatica dell'atto giuridico e teoria della categorizzazione*

Felice Ciro Papparo, *Per più farvi amici. Di alcuni motivi in Georges Bataille*
 Marina Manotta, *La fondazione dell'oggettività. Studio su Alexius Meinong*
 Silvia Rodeschini, *Costituzione e popolo. Lo Stato moderno nella filosofia della storia di Hegel (1818-1831)*
 Bruno Moroncini, *Il discorso e la cenere. Il compito della filosofia dopo Auschwitz*
 Stefano Besoli (a cura di), *Ludwig Binswanger. Esperienza della soggettività e trascendenza dell'altro*
 Luca Guidetti, *La materia vivente. Un confronto con Hans Jonas*
 Barnaba Maj, *Il volto e l'allegoria della storia. L'angolo d'inclinazione del creaturale*
 Mariannina Failla, *Microscopia. Gadamer: la musica nel commento al Filebo*
 Luca Guidetti, *La costruzione della materia. Paul Lorenzen e la «Scuola di Erlangen»*
 Mariateresa Costa, *Il carattere distruttivo. Walter Benjamin e il pensiero della soglia*
 Daniele Cozzoli, *Il metodo di Descartes*
 Francesco Bianchini, *Concetti analogici. L'approccio subcognitivo allo studio della mente*
 Marco Mazzeo, *Contraddizione e melanconia. Saggio sull'ambivalenza*
 Vincenzo Costa, *I modi del sentire. Un percorso nella tradizione fenomenologica*
 Aldo Trucchio (a cura di), *Anatomia del corpo, anatomia dell'anima. Mecca-nismo, senso e linguaggio*
 Roberto Frega, *Le voci della ragione. Teorie della razionalità nella filosofia americana contemporanea*
 Carmen Metta, *Forma e figura. Una riflessione sul problema della rappresentazione tra Ernst Cassirer e Paul Klee*
 Felice Masi, *Emil Lask. Il pathos della forma*
 Stefano Besoli, Claudio La Rocca, Riccardo Martinelli (a cura di), *L'universo kantiano. Filosofia, scienze, sapere*
 Adriano Ardovino, *Interpretazioni fenomenologiche di Eraclito*
 Mariannina Failla, *Dell'esistenza. Glosse allo scritto kantiano del 1762*
 Caterina Zanfi, *Bergson e la filosofia tedesca 1907-1932*
 Marco Tedeschi, *Adolf Reinach. La fenomenologia, il realismo*
 Mariapaola Fimiani, *L'etica oltre l'evento*
 Luigi Azzariti Fumaroli, *Passaggio al vuoto. Saggio su Walter Benjamin*
 Roberto Redaelli, *Emil Lask. Il soggetto e la forma*
 Eugenio Mazzarella, *L'uomo che deve rimanere. La smoralizzazione del mondo*
 Furio Semerari (a cura di), *Che cosa vale. Dell'istanza etica*
 Stefano Besoli, Roberto Redaelli (a cura di), *Emil Lask. Un secolo dopo*
 Aldo Masullo, *L'Arcisenso. Dialettica della solitudine*
 Sebastiano Galanti Grollo, *La passività del sentire. Alterità e sensibilità nel pensiero di Levinas*
 Stefano Besoli, Letizia Caronia (a cura di), *Il senso della realtà. L'orizzonte della fenomenologia nello studio del mondo sociale*
 Matteo Santarelli, *La vita interessata. Una proposta teorica a partire da John Dewey*
 Manlio Iofrida, *Per un paradigma del corpo: una rifondazione filosofica dell'ecologia*
 Stefano Besoli, *Forma categoriale e struttura del giudizio. Sull'incompiutezza sistematica del pensiero di Emil Lask*
 Otto Apelt, *La dottrina delle categorie di Aristotele*
 Furio Semerari (a cura di), *L'esclusione. Analisi di una pratica diffusa*
 Luigi Azzariti-Fumaroli, *Fenomenologia dell'ombra. Tre saggi*
 Venanzio Raspa, *Origine e significato delle categorie di Aristotele. Il dibattito nell'Ottocento*

- Guido Baggio, Michela Bella, Giovanni Maddalena, Matteo Santarelli (a cura di), *Esperienza, contingenza, valori. Saggi in onore di Rosa M. Calcaterra*
- Sebastiano Galanti Grollo, *L'alterità della carne. Il tema del corpo nel pensiero di Paul Ricoeur*
- Luigi A. Manfreda, *L'intimo e l'estraneo. Struttura e composizione del sé*
- Roberto Redaelli, *Per una logica dell'umano. Antropologia filosofica e Wertlehre in Windelband, Rickert e Lask*
- Luca Guidetti, *Gli elementi dell'esperienza. Studio su Ernst Mach*

ESTETICA E CRITICA

- Silvia Vizzardelli (a cura di), *La regressione dell'ascolto. Forma e materia sonora nell'estetica musicale contemporanea*
- Daniela Angelucci (a cura di), *Arte e daimon*
- Silvia Vizzardelli, *Battere il Tempo. Estetica e metafisica in Vladimir Jankélévitch*
- Alberto Gessani, *Dante, Guido Cavalcanti e l'«amoroso regno»*
- Daniela Angelucci, *L'oggetto poetico. Waldemar Conrad, Roman Ingarden, Nicolai Hartmann*
- Hansmichael Hohenegger, *Kant, filosofo dell'architettura. Saggio sulla Critica della facoltà di giudizio*
- Samuel Lublinski, *Saggi sul Moderno* (a cura di Maurizio Pirro)
- Mauro Carbone, *Una deformazione senza precedenti. Marcel Proust e le idee sensibili*
- Raffaele Bruno e Silvia Vizzardelli (a cura di), *Forma e memoria. Scritti in onore di Vittorio Stella*
- Paolo D'Angelo, *Ars est celare artem. Da Aristotele a Duchamp*
- Camilla Miglio, *Vita a fronte. Saggio su Paul Celan*
- Clemens-Carl Härle (a cura di), *Ai limiti dell'immagine*
- Vittorio Stella, *Il giudizio dell'arte. La critica storico-estetica in Croce e nei crociani*
- Giovanni Lombardo, *La pietra di Eraclea. Tre saggi sulla poetica antica*
- Giovanni Gurisatti, *Dizionario fisiognomico. Il volto, le forme, l'espressione*
- Paolo D'Angelo, *Cesare Brandi. Critica d'arte e filosofia*
- Pietro D'Oriano (a cura di), *Per una fenomenologia del melodramma*
- Paolo D'Angelo (a cura di), *Le arti nell'estetica analitica*
- Miriam Iacomini, *Le parole e le immagini. Saggio su Michel Foucault*
- Giovanni Gurisatti, *Costellazioni. Storia, arte e tecnica in Walter Benjamin*
- Clemens-Carl Härle (a cura di), *Confini del racconto*
- Paolo D'Angelo, *Filosofia del paesaggio*
- Francesca Iannelli, *Disonanze contemporanee. Arte e vita in un tempo inconciliato*
- Aldo Marroni, *Estetiche dell'eccesso. Quando il sentire estremo diventa «grande stile»*
- Daniela Angelucci, *Deleuze e i concetti del cinema*
- Marco Gatto, *Marxismo culturale. Estetica e politica della letteratura nel tardo Occidente*
- Rita Messori, *Poetiche del sensibile. Le parole e i fenomeni tra esperienza estetica e figurazione*
- Dario Cecchi, *La costituzione tecnica dell'umano*
- Francesca Iannelli (a cura di), *Vita dell'arte. Risonanze dell'estetica di Hegel*
- Paolo D'Angelo, *Il problema Croce*
- Amelia Valtolina, *Il sogno della forma Un'idea tedesca nel Novecento di Gottfried Benn*
- Luca Serafini, *Etica dell'estetica. Narcisismo dell'io e apertura agli altri nel pensiero post-moderno*

Mario Farina, *La dissoluzione dell'estetico. Adorno e la teoria letteraria dell'arte*
Alfonso Musci, *La ricerca del sé. Indagini su Benedetto Croce*
Paolo D'Angelo, *Attraverso la storia dell'estetica. Vol. I: dal Settecento al Romanticismo*
Peter Lamarque, *Opera e oggetto. Esplorazioni nella metafisica dell'arte*
Vincenzo Bochicchio, Marco Mazzeo, Giuseppe Squillace (a cura di), *A lume di naso. Olfatto, profumi, aromi tra mondo antico e contemporaneo*
Paolo D'Angelo, *Attraverso la storia dell'estetica. Vol. II: da Kant a Hegel*
Elisa Caldarola, *Filosofia dell'arte contemporanea: installazioni, siti, oggetti*
Alberto Martinengo, *Prospettive sull'ermeneutica dell'immagine*
Ulisse Dogà, *Un tempo altro, estraneissimo. Studio sul futuro composto in poesia*
Roberto Redaelli, *Per una logica dell'umano. Antropologia filosofica e Wertlehre in Windelband, Rickert e Lask*
Paolo D'Angelo, *Attraverso la storia dell'estetica. Vol. III: dall'Ottocento a oggi*

FILOSOFIA E POLITICA

Massimiliano Tomba, *La «vera politica». Kant e Benjamin: la possibilità della giustizia*
Alberto Burgio (a cura di), *Dialettica. Tradizioni, problemi, sviluppi*
Patrizia Caporossi, *Il corpo di Diotima. La passione filosofica e la libertà femminile*
Adalgiso Amendola, Laura Bazzicalupo, Federico Chicchi, Antonio Tucci (a cura di), *Biopolitica, bioeconomia e processi di soggettivazione*
Paolo B. Vernaglione, *Dopo l'umanesimo. Sfera pubblica e natura umana nel ventunesimo secolo*
Dario Gentili, *Topografie politiche. Spazio urbano, cittadinanza, confini in Walter Benjamin e Jacques Derrida*
Mauro Farnesi Camellone, *La politica e l'immagine. Saggio su Ernst Bloch*
Le vie della distruzione. A partire da «Il carattere distruttivo» di Walter Benjamin, a cura del Seminario di studi benjaminiani
Ferdinando G. Menga, *L'appuntamento mancato. Il giovane Heidegger e i sentieri interrotti della democrazia*
Paolo Vignola, *La lingua animale. Deleuze attraverso la letteratura*
Laboratorio Verlan (a cura di), *Dire, fare, pensare il presente*
Mario Barenghi, Matteo Bonazzi (a cura di), *L'immaginario leghista. L'irruzione delle pulsioni nella politica contemporanea*
Mauro Farnesi Camellone, *Indocili soggetti. La politica teologica di Thomas Hobbes*
Giovanni Licata (a cura di), *L'averroismo in età moderna (1400-1700)*
Dario Gentili, Mauro Ponzì, Elettra Stimilli (a cura di), *Il culto del capitale. Walter Benjamin: capitalismo e religione*
Giovanni Licata (a cura di), *L'averroismo in età moderna (1400-1700)*
Laura Bazzicalupo, Salvo Vaccaro (a cura di), *Vita, politica, contingenza*
Leo Strauss, *Una nuova interpretazione della filosofia politica di Platone*
Marco Mazzeo, *Il bambino e l'operaio. Wittgenstein filosofo dell'uso*
Marina Montanelli, Massimo Palma (a cura di), *Tecniche di esposizione. Walter Benjamin e la riproduzione dell'opera d'arte*
Mauro Ponzì (a cura di), *Marx e la crisi*
Rudy M. Leonelli, *Illuminismo e critica. Foucault interprete di Kant*
Giulio Azzolini, *Capitale, egemonia, sistema. Studio su Giovanni Arrighi*
Giovanni Ruocco, *Razze in teoria. La scienza politica di Gaetano Mosca nel discorso pubblico dell'Ottocento*

Mattia Di Pierro, Francesco Marchesi (a cura di), *Almanacco di Filosofia e Politica 1. Crisi dell'immanenza. Potere, conflitto, istituzione*

Stefano Catucci, *Potere e visibilità. Studi su Michel Foucault*

Rita Fulco, Tommaso Greco (a cura di), *L'Europa di Simone Weil. Filosofia e nuove istituzioni*

Walter Benjamin, Hans Kelsen, Karl Löwith, Leo Strauss, Jacob Taubes, *Critica della teologia politica. Voci ebraiche su Carl Schmitt*

Chiara Collamati, Mauro Farnesi Camellone e Emiliano Zanelli (a cura di), *Filosofia e politica in Ernst Bloch. Lo spirito dell'utopia un secolo dopo*

Dario Gentili, *Il tempo della storia. Le tesi Sul concetto di storia di Walter Benjamin*

Gabriele Guerra e Tamara Tagliacozzo (a cura di), *Felicità e tramonto. Sul Frammento teologico-politico di Walter Benjamin*

Paola Di Cori, *Michel de Certeau. Per il lettore comune*

Rita Fulco, *Soggettività e potere. Ontologia della vulnerabilità in Simone Weil*

Francesco Marchesi, *Geometria del conflitto. Saggio sulla non-corrispondenza*

Pierpaolo Cesaroni, *La vita dei concetti. Hegel, Bachelard, Canguilhem*

Michele Basso, *La città, alba dell'Occidente. Saggio su Max Weber*

FILOSOFIA E PSICOANALISI

Silvia Vizzardelli e Felice Cimatti (a cura di), *Filosofia della psicoanalisi. Un'introduzione in ventuno passi*

Felice Cimatti e Alberto Luchetti (a cura di), *Corpo, linguaggio e psicoanalisi*

Silvia Vizzardelli, *Io mi lascio cadere. Estetica e psicoanalisi*

IL PENSIERO ETICO E RELIGIOSO

Isabella Adinolfi, Giuseppe Goisis (a cura di), *I volti moderni di Gesù. Arte Filosofia Storia*

LAVORO CRITICO

Gino Covili, *Gli esclusi 1973-1977*

Robert Castel, *La discriminazione negativa. Cittadini o indigeni?*

Marino Niola (a cura di), *Lévi-Strauss. Fuori di sé*

Vito Teti, *Pietre di pane. Un'antropologia del restare*

Ciro Tarantino (a cura di), *E la carne si fece verbo. Il discorso sul libertinaggio politico nell'Italia del nouveau régime*

Vito Teti, *Il patriota e la maestra. La misconosciuta storia d'amore e ribellione di Antonio Garcèa e Giovanna Bertòla ai tempi del Risorgimento*

Ercole Giap Parini, *Gli occhiali di Pessoa. Studio sugli eteronimi e la modernità*

Matteo Meschiari, *Spazi Uniti d'America. Etnografia di un immaginario*

Robert Castel e Claudine Haroche, *Proprietà privata, proprietà sociale, proprietà di sé. Conversazioni sulla costruzione dell'individuo moderno*

Matteo Meschiari, *Uccidere spazi. Microanalisi della corridia*

Fabio Coccetti, *L'eminenza Grigia. Autobiografia della polvere*

Ciro Tarantino-Alfredo Givigliano (a cura di), *La possibilità sociale*

Alberto Bertagna, *Tic Tac City*

Luigi Cavallaro, *Giurisprudenza. Politiche del desiderio ed economia del godimento nell'Italia contemporanea*

Paolo Maccagno, *Lungo lento. Maratona e pratica del limite*

Leonardo Piasere, *L'antiziganismo*
Fabio Merlini, *Ubicumque. Saggio sul tempo e lo spazio della mobilitazione*
Ciro Tarantino e Alfredo Givigliano (a cura di), *Le forme sociali*
Venanzio Raspa, *Le buste di Mimi. Cronaca di un'adozione*
Marcello Walter Bruno ed Emanuele Fadda (a cura di), *Roland Barthes Club Band*
Fabio Coccetti, *Il frammento e la parvenza. Le immagini tra memoria e oblio*
Gennaro Imbriano, *Il lavoro e le cose. Saggio su Heidegger e l'economia*
Natale Losi, *Critica del trauma. Modelli, metodi ed esperienze etnopsichiatriche*
Diego Donna, *Dispersione Ordine Distanza. L'Illuminismo di Foucault Lubmann Blumenberg*
Federico di Vita (a cura di), *La scommessa psichedelica*
Cecilia Cristofori (a cura di), *Andar di notte. Viaggio nella movida delle città medie*

LETTERE

Andrea Landolfi (a cura di), *Memoria e disincanto. Attraverso la vita e l'opera di Gregor von Rezzori*
Felice Rappazzo, *Eredità e conflitto. Fortini, Gadda, Pagliarani, Vittorini, Zanzotto*
Felice Ciro Papparo (a cura di), *Di là dalla storia. Paul Valéry: tempo, mondo, opera, individuo*
Carlo A. Madrignani, *Effetto Sicilia. Genesis del romanzo moderno*
Francesco Spandri, *Stendhal. Stile e dialogismo*
Antonietta Sanna, *La parola solitaria. Il monologo nel teatro francese del Seicento*
Marco Rispoli, *Parole in guerra. Heinrich Heine e la polemica*
Giancarlo Bertoncini, *Narrazione breve e personaggio. Tozzi, Pirandello, Bilenchi, Calvino*
Luca Lenzini, *Stile tardo. Poeti del Novecento italiano*
Wilson Saba, *Il punto fosforoso. Antonin Artaud e la cultura eterna*
Paolo Petrucci, *Leopardi e il Cristianesimo. Dall'Apologetica al Nichilismo*
Filippo Davoli, Guido Garufi (a cura di), *In quel punto entra il vento. La poesia di Remo Pagnanelli nell'ascolto di oggi*
Christoph König, *Strettoie. Peter Szondi e la letteratura*
Vito Santoro, *L'odore della vita. Studi su Goffredo Parise*
Alejandro Patat, *Patria e psiche. Saggio su Ippolito Nievo*
Antonio Tricomi, *La Repubblica delle Lettere. Generazioni, scrittori, società nell'Italia contemporanea*
Claudia Pozzana, *La poesia pensante. Inchieste sulla poesia cinese contemporanea*
Vito Santoro (a cura di), *Notizie dalla post-realtà. Caratteri e figure della narrativa italiana degli anni Zero*
Enio Sartori, *Tra bosco e non bosco. Ragioni poetiche e gesti stilistici ne Il Galateo in Bosco di Andrea Zanzotto*
Angela Borghesi, *Genealogie. Saggisti e interpreti del Novecento*
Francesco Fiorentino (a cura di), *Figure e forme della memoria culturale*
Maurizio Pirro, *Come corda troppo tesa. Stile e ideologia in Stefan George*
Vito Santoro, *Calvino e il cinema*
Giulio Iacoli, *La dignità di un mondo buffo. Intorno all'opera di Gianni Celati*
Massimo Rizzante (a cura di), *Scuola del mondo. Nove saggi sul romanzo del xx secolo*
Alessio Baldini, *Dipingere coi colori adatti. I Malavoglia e il romanzo moderno*
Andrea Rondini, *Anche il cielo brucia. Primo Levi e il giornalismo*
Irene Fantappiè, *Karl Kraus e Shakespeare. Recitare, citare, tradurre*

Camilla Miglio, *La terra del morso. L'Italia ctonia di Ingeborg Bachmann*
 Luca Lenzi, *Un'antica promessa. Studi su Fortini*
 Annelisa Alleva, *Lo spettacolo della memoria. Saggi e ricordi*
 Mario Barenghi, *Cosa possiamo fare con il fuoco? Letteratura e altri ambienti*
 Romano Luperini, *Tramonto e resistenza della critica*
 Susanna Spero, *L'invenzione di una forma. Poetica dei generi nell'opera di Samuel Beckett*
 Marcella Biasi, *Potenza della lirica. La filosofia della poesia moderna e il paradigma Celan*
 Matteo Marchesini, *Da Pascoli a Busi. Letterati e letteratura in Italia*
 Paola Laura Gorla, *Sei diversioni nel Cbisciotte*
 Davide Colussi, Paolo Zublena (a cura di), *Giorgio Caproni. Lingua, stile, figure*
 Fabrizio Scrivano, *Diario e narrazione*
 Barbara Ronchetti, *Caleidoscopio russo. Studi di letteratura contemporanea*
 Eloisa Morra, *Un allegro fischiettare nelle tenebre. Ritratto di Toti Scialoja*
 Paolo Amalfitano, *L'armonia di Babele. Varietà dell'esperienza e polifonia delle forme nel romanzo inglese*
 Emanuele Zinato, *Letteratura come storiografia? Mappe e figure della mutazione italiana*
 Massimo Giuliani, *Per un'etica della resistenza. Rileggere Primo Levi*
 Angela Borghesi, *Una storia invisibile. Morante Ortese Weil*
 Franco Nasi, *Traduzioni estreme*
 Valentino Baldi, *Il sole e la morte. Saggio sulla teoria letteraria di Francesco Orlando*
 Antonella Ottai, *Ridere rende liberi. Comici nei campi nazisti*
 Marco Gatto, *Nonostante Gramsci. Marxismo e critica letteraria nell'Italia del Novecento*
 Valerio Camarotto, *Leopardi traduttore. La poesia (1815-1817)*
 Valerio Camarotto, *Leopardi traduttore. La prosa (1816-1817)*
 Antonio Girardi, Arnaldo Soldani e Alessandra Zangrandi (a cura di), *Questo e altro. Giovanni Raboni dieci anni dopo*
 Valentina Polci, *Voce fuori coro di Dolores Prato. Trascrizione e commento dei frammenti autografi su Roma capitale d'Italia*
 Amaranta Sbardella, *Il mostro e la fanciulla. Le riscritture di Arianna e del Minotauro nel Novecento*
 Francesco Diaco, *Dialettica e speranza. Sulla poesia di Franco Fortini*
 Gonzalo Celorio, *Saggio di Controconquista*
 Laura Barile, *Il ritmo del pensiero. Montale Sereni Zanzotto*
 Emiliano Alessandrini, *L'anima e il mondo. Francesco De Sanctis tra filosofia, critica letteraria e teoria della letteratura*
 Tommaso Giartosio, *Non aver mai finito di dire. Classici gay, letture queer*
 Daria Biagi, *Orche e altri relitti. Sulle forme del romanzo in Stefano D'Arrigo*
 Angela Albanese, *Identità sotto chiave. Lingua e stile nel teatro di Saverio La Ruina*
 Paolo Desogus, *Laboratorio Pasolini. Teoria del sogno e del cinema*
 Mimmo Cangiano, *La nascita del modernismo italiano. Filosofie della crisi, storia e letteratura (1903-1922)*
 Valentino Baldi, *Come frantumi di mondi. Teoria della prosa e logica delle emozioni in Gadda*
 Valentina Sturli, *Figure dell'invenzione. Per una teoria della critica tematica in Francesco Orlando*
 Margo Glantz, *La conquista della scrittura. Letteratura e società nel Messico coloniale*
 Éric Marty, *L'engagement estatico. Su René Char*
 Roberto Deidier, Giorgio Nisini (a cura di), *L'eternità immutabile. Studi su Juan Rodolfo Wilcock*

Franco Nasi, *Tradurre l'errore. Laboratorio di pensiero critico e creativo*
Fabio Moliterni, *Una contesa che dura. Poeti italiani del Novecento e contemporanei*
Luca Maccioni, *Il marchio di Qajin. I Dialoghi tra due bestie nell'opera di Giacomo Leopardi*
Carlo Londero, *Ulisse, o dell'Amore. Lettura della poesia di Umberto Saba*

LETTERE. ULTRACONTEMPORANEA

Matteo Majorano (a cura di), *Nuove solitudini. Mutamenti delle relazioni nell'ultima narrativa francese*
Matteo Majorano (a cura di), *Il ritorno dei sentimenti*
Marinella Termitte, *Le sentiment végétal. Feuillages d'extrême contemporain*
Gianfranco Rubino e Dominique Viart (a cura di), *Le roman français contemporain face à l'Histoire*
Gianfranco Rubino (a cura di), *Le sujet et l'Histoire dans le roman français contemporain*
Elisa Bricco (a cura di), *Le bal des arts Le sujet et l'image : écrire avec l'art*
Matteo Majorano (a cura di), *La giostra dei sentimenti*
Giusi Alessandra Falco, *La violenza inapparente nella letteratura francese dell'extrême contemporain*
Sylviane Coyault et Marie Thérèse Jacquet (a cura di), *Les chemins de Pierre Bergounioux*
Matteo Majorano (a cura di), *L'incoerenza creativa nella narrativa francese contemporanea*
Valeria Gramigna, *Scritture in ascolto. Sentimenti e musica nella prosa francese contemporanea*
Groupe de Recherche sur l'Extrême Contemporain (GREC) (a cura di), *Premio Murat. Università di Bari. Un romanzo francese per l'Italia 2001-2017. Pagine per Matteo Majorano*
Marinella Termitte (a cura di), *Mots de faune*
Marie Thérèse Jacquet (a cura di), *AdolescenceS*
Valentina Pinto, *Dimitri Bortnikov. Un Russe en littérature française*

LETTERATURA TRADOTTA IN ITALIA

Anna Baldini, Daria Biagi, Stefania De Lucia, Irene Fantappiè, Michele Sisto, *La letteratura tedesca in Italia. Un'introduzione (1900-1920)*
Michele Sisto, *Traiettorie. Studi sulla letteratura tradotta in Italia*
Alessandro Niero, *Tradurre poesia russa. Analisi e autoanalisi*
Martina Mengoni, *I sommersi e i salvati di Primo Levi. Storia di un libro (Francoforte 1959-Torino 1986)*
Irene Fantappiè, *Franco Fortini e la poesia europea. Riscritture di autorialità*

LINGUA, DIDATTICA, SOCIETÀ

Alejandro Patat e Andrea Villarini (a cura di), *Gli italianismi in Argentina*
Alejandro Patat (a cura di), *Vida nueva. La lingua e la cultura italiana in America Latina*
Ilaria Tani, *Lingua e legame sociale. La nozione di comunità linguistica e le sue trasformazioni*

MUSICA E SPETTACOLO

Luca Aversano, Jacopo Pellegrini (a cura di), *Mille e una Callas. Voci e studi*

Roberta Carlotto e Oliviero Ponte di Pino (a cura di), *Regia Parola Utopia. Il teatro infinito di Luca Ronconi*

QUADERNI DELL'«OSPITE INGRATO»

Luca Lenzini, *Verso la trasparenza. Studi su Sereni*

Davide Dalmas (a cura di), *Franco Fortini. Scrivere e leggere poesia*

SCIENZE DEL LINGUAGGIO

John R. Taylor, *La categorizzazione linguistica. I prototipi nella teoria del linguaggio*

Franco Lorenzi, Alejandro Marcaccio (a cura di), *Testualità e metafora*

Filippo Grendene, Fabio Magro, Giacomo Morbiato (a cura di), *Fortini '17. Atti del convegno di studi di Padova (11-12 dicembre 2017)*

SCIENZE DELLA CULTURA

Francesco Fiorentino (a cura di), *Icone culturali d'Europa*

Giovanni Sampaolo (a cura di), *Kafka: ibridismi. Multilinguismo, trasposizioni, trasgressioni*

Flavio Cuniberto, *La foresta incantata. Patologia della Germania moderna*

Francesco Fiorentino (a cura di), *Al di là del testo. Critica letteraria e studio della cultura*

Guglielmi Marina, Giulio Iacoli (a cura di), *Piani sul mondo. Le mappe nell'immaginazione letteraria*

Fiorentino Francesco, Carla Solivetti (a cura di), *Letteratura e geografia. Atlanti, modelli, letture*

Alessandro Bosco, *Il romanzo indiscreto. Epistemologia del privato nei «Promessi Sposi»*

Maria Carolina Foi, *La giurisdizione delle scene. I drammi politici di Schiller*

Michele Cometa, Valentina Mignano (a cura di), *Lessico mitologico goethiano. Letteratura, cultura visuale, performance*

Michele Cometa, Valentina Mignano (a cura di), *Critical/crisi. Una questione degli studi culturali*

Michele Cometa, Danilo Mariscalco (a cura di), *Rappresentanza/rappresentazione. Una questione degli studi culturali*

Michele Cometa, Roberta Coglitore (a cura di), *Fototesti. Letteratura e cultura visuale*

Roberta Coglitore, *Le vertigini della materia. Roger Caillois, la letteratura e il fantastico*

Daniele Balicco, *Nietzsche a Wall Street. Letteratura, teoria e capitalismo*

Raffaello Palumbo Mosca (a cura di), *La realtà rappresentata. Antologia della critica sulla forma romanzo 2000-2016*

Lorenzo Marchese, *Storiografie parallele. Cos'è la non-fiction?*

Gabriele Guerra, *L'acrobata d'avanguardia. Hugo Ball tra dada e mistica*

Guido Bartorelli, Giovanni Bianchi, Rosamaria Salvatore, Federica Stevanin (a cura di), *Il corpo parlante. Contaminazioni e slittamenti tra psicoanalisi, cinema, multimedialità e arti visive*

Gianluca Paolucci, «Vieni! Guarda e senti Dio». *Teologia performativa in Herder*

Filippo Grendene, *Il dialogo della tradizione. Intertestualità, Ri-uso, Storia*

SCIENZE UMANE E SOCIALI

Franco Bianco, *Studi su Max Weber 1980-2002*

Franco Bianco, *Il giovane Dilthey. La genesi della critica storica della ragione*

STORIA DELL'ARTE

- Alessandro Angelini, *Il primato dell'occhio. Temi e metodo della storia dell'arte in età moderna*
- Alessandro Del Puppo, *Egemonia e consenso. Ideologie visive nell'arte italiana del Novecento*
- Anna Jagiello (a cura di), *Avanguardia polacca. Arte e cultura in Polonia tra il 1914 e il 1952*

TEORIA DELLE ARTI E CULTURA VISUALE

- Laura Iamurri, *Lionelli Venturi e la modernità dell'impressionismo*
- Andrea Pinotti e Maria Luisa Roli (a cura di), *La formazione del vedere. Lo sguardo di Jacob Burckhardt*
- Giovanni Gurisatti, *Scacco alla realtà. Dialettica ed estetica della derealizzazione mediatica*
- Alessandro Del Puppo, *Modernità e nazione. Temi di ideologia visiva nell'arte italiana del primo Novecento*
- Michele Cometa, Danilo Mariscalco (a cura di), *Al di là dei limiti della rappresentazione. Letteratura e cultura visuale*
- Luca Pietro Nicoletti, *Gualtieri di San Lazzaro. Scritti e incontri di un editore d'arte a Parigi*
- Pietro Conte, *In carne e cera. Estetica e fenomenologia dell'iperrealismo*
- Laura Iamurri, *Un margine che sfugge. Carla Lonzi e l'arte in Italia. 1995-1970*
- Alessandra Acocella, Caterina Toschi (a cura di), *Arte a Firenze 1970-2015. Una città in prospettiva*
- Luca Pietro Nicoletti, *Argan e l'Einaudi. La storia dell'arte in casa editrice*
- Carlotta Sylos Calò, *Corpo a corpo. Estetica e politica nell'arte italiana degli anni Sessanta*
- Ferdinando Amigoni, *L'ombra della scrittura. Racconti fotografici e visionari*

Le riflessioni di Ernst Mach (1838-1916) s'inseriscono all'interno di un ampio quadro di trasformazione del pensiero filosofico e scientifico tra Ottocento e Novecento con al centro la nozione di *esperienza*. Il presente studio svolge un'analisi approfondita della "teoria degli elementi" di Mach a partire dai primi scritti sulle "esperienze meccaniche" e sulla critica al meccanicismo classico che conducono alla sua prima grande opera, *La meccanica dal punto di vista storico-critico* (1883), fino alle indagini sugli elementi sensibili (*L'analisi delle sensazioni*, 1886, 1922^o) e sulle sensazioni spazio-temporali in rapporto agli elementi noetici (*Conoscenza ed errore*, 1905). L'attenzione che Mach riserva ai fenomeni rivela la sua estraneità a qualsiasi naturalismo, monismo o fenomenismo ingenuo, allo scopo di far emergere una concezione *genetica e relazionale* dell'esperienza, la cui forma si avvale di strutturazioni logico-matematiche nelle quali vengono inquadrati – e assumono significato – i dati sensibili e i concetti. Per Mach, gli "elementi" non sono solo le sensazioni, ma anche i fenomeni complessi che incontriamo nella realtà, in particolare le relazioni di spazio e di tempo. Ogni elemento empirico può così apparire, a seconda dei punti di vista e delle circostanze in base alle quali lo si coglie, come "semplice" o "composto", "antifigurale" o "figurale". Tali rilievi mostrano importanti punti di confronto e di convergenza sia con le indagini della *Gestaltpsychologie*, sia con le ricerche fenomenologiche che, nel medesimo periodo, Husserl andava sviluppando sull'intuizione delle "essenze", fondamentali per cogliere i diversi sensi intorno a cui si articola l'esperienza.

Luca Guidetti (Reggio Emilia, 1962) insegna Filosofia teoretica all'Università di Bologna. Le sue ricerche vertono intorno al problema della conoscenza, dai presupposti logico-semantiche alle configurazioni fenomenologiche. È autore e curatore di varie opere tra cui: E. Hoffmann, *Il linguaggio e la logica arcaica* (1991, 2017); J.B. Meyer, *La psicologia di Kant* (1991); M. Palágyi, *Kant e Bolzano* (1993); *La realtà e la coscienza. Studio sulla «Metafisica della conoscenza» di Nicolai Hartmann* (1999); *L'ontologia del pensiero. Il «nuovo neokantismo» di Richard Hönlswald e Wolfgang Cramer* (2004); *La materia vivente. Un confronto con Hans Jonas* (2007); *La costruzione della materia. Paul Lorenzen e la «Scuola di Erlangen»* (2008); *Le grammatiche del pensiero* (3 voll., 2012, in coll. con G. Matteucci); J. von Uexküll, *Biologia teoretica* (2015); E. Melandri, *Alcune note in margine all'Organon aristotelico* (2017); K. Lewin, *Tempo e identità* (2020).

