

TEORIA E OSSERVAZIONE NEGLI SCRITTI DI REICHENBACH SULLA RELATIVITÀ (Mauro Murzi)

1. Introduzione

Hans Reichenbach, il filosofo tedesco esponente dell'empirismo logico, ha scritto numerosi saggi sulla teoria della relatività, studiata a Berlino con Albert Einstein. In questi lavori Reichenbach mostra un'esatta conoscenza della fisica. Aveva avuto come docenti noti studiosi, tra cui il matematico David Hilbert, i fisici Max Born, Max Planck e Arnold Sommerfeld, e il filosofo neo-kantiano Ernst Cassirer. Reichenbach si laureò a Erlangen nel 1915. Apprese la teoria della relatività sotto la direzione di Albert Einstein (1917-20). Insegnò al Politecnico di Stoccarda, ove tenne corsi sulla relatività, la telegrafia senza fili, i metodi di misurazione e la filosofia (1920-26). Ottenne l'incarico di assistente presso il dipartimento di fisica dell'università di Berlino (1926-33), grazie all'interessamento di Einstein, Planck e Max von Laue. Sulla teoria della relatività scrisse i libri *Relatività e conoscenza a priori* (1920), *Assiomatizzazione della teoria della relatività* (1924) e *La filosofia dello spazio e del tempo* (1928). Pubblicò anche molti articoli apparsi in riviste accademiche e divulgative.

Negli scritti sulla relatività, Reichenbach esamina il ruolo degli assiomi di coordinazione e la relazione tra teoria e osservazione. Gli assiomi di coordinazione forniscono un'interpretazione empirica alla teoria. Essi associano alcuni concetti astratti della teoria con oggetti o processi fisici. Reichenbach sostiene che gli assiomi di coordinazione sono costitutivi dell'oggetto della conoscenza, e quindi analoghi ai principi sintetici a priori di Kant, dai quali differiscono perché non sono necessariamente veri. Gli assiomi di coordinazione definiscono la realtà. È reale ciò che è correlato, mediante gli assiomi di coordinazione, con le entità che figurano nelle leggi scientifiche. La realtà non è data nella percezione, ma è inferita con l'aiuto della teoria.

Non vi è alcun dubbio che noi non possiamo mai avere una prova diretta di una qualsiasi proposizione concernente la fisica; al contrario, noi ci muoviamo dalla percezione all'osservazione con l'aiuto della teoria; non c'è alcuna differenza per i cosiddetti "enunciati direttamente dimostrabili", sebbene il contenuto della teoria impiegato in questo caso giochi un ruolo molto minore.¹

In questo articolo esporrò il pensiero di Reichenbach sugli assiomi di coordinazione e sulla relazione tra teoria e osservazione. Reichenbach afferma che l'osservazione è l'esito dell'interpretazione teorica della percezione. Il suo punto di vista è diverso da quello tradizionalmente attribuito all'empirismo logico².

¹ H. REICHENBACH, "Erwiderung auf eine Veröffentlichung von Herrn Hj. Mellin" [Risposta a una pubblicazione di Hj. Mellin] in *Zeitschrift für Physik*, vol. 36, 1926, pp. 106-12; tr. inglese in *Defending Einstein: Hans Reichenbach's writings on space, time, and motion*, Cambridge, Cambridge University Press, 2006, pp. 205-13, p. 209.

² M. Friedman ha evidenziato l'importanza di questo aspetto del pensiero di Reichenbach. Secondo Friedman, Reichenbach riconosce due significati di "a priori", che sono distinti nella filosofia kantiana. Nel primo significato, un enunciato sintetico a priori è necessariamente vero. Nel secondo significato, un enunciato sintetico a priori è costitutivo dell'oggetto della conoscenza. Nella filosofia kantiana, i due significati coincidono: un enunciato sintetico è necessariamente vero se e solo se è costitutivo dell'oggetto della conoscenza. Secondo Reichenbach, gli assiomi di coordinazione non sono necessariamente veri. Quindi, non sarebbero a priori, nel primo significato. Sono tuttavia costitutivi dell'oggetto della conoscenza. Quindi, sarebbero a priori, nel secondo significato. Solo distinguendo chiaramente i due significati si possono evitare contraddizioni. Gli assiomi di coordinazione sono enunciati "costitutivi, relativi [*relativized*] a priori" (M. FRIEDMAN, *Reconsidering logical positivism*, New York, Cambridge University Press, 1999, p. 62).

2. La concezione standard

Per comprendere il ruolo degli assiomi di coordinazione, si può esaminare la cosiddetta *concezione standard* delle teorie scientifiche, sviluppata soprattutto da Rudolf Carnap e Carl Gustav Hempel³. La concezione standard afferma che una teoria scientifica è un calcolo formale assiomatico interpretato. La teoria è composta di un linguaggio, di un insieme finito di assiomi e di un'interpretazione. I simboli del linguaggio sono:

- *simboli logici*, come i connettivi (se ... allora \rightarrow , oppure \vee , e \wedge , non \neg) e i quantificatori (per ogni \forall , esiste \exists);
- *simboli matematici*, come i numeri, le funzioni elementari e dell'analisi matematica;
- *termini osservativi* che denotano proprietà, relazioni, funzioni, oggetti o processi osservabili; i termini osservativi saranno designati con i simboli O_1, O_2, \dots, O_n ;
- *termini teorici* che denotano proprietà, relazioni, funzioni, oggetti o processi non osservabili; i termini teorici saranno designati con i simboli T_1, T_2, \dots, T_m .

Gli assiomi esprimono il contenuto fisico della teoria. Sono di due tipi:

- *assiomi puri* che contengono termini teorici, ma non contengono termini osservativi;
- *assiomi misti* che contengono sia termini teorici sia termini osservativi.

Il valore di verità della teoria è definito solo se i simboli che vi figurano hanno un'interpretazione. I simboli logici e matematici ricevono la loro naturale interpretazione. I termini teorici non hanno un'interpretazione empirica diretta. Sono interpretati come strutture matematiche astratte, quali funzioni di variabile reale o complessa, vettori, tensori e matrici. La responsabilità di fornire un'interpretazione empirica alla teoria è affidata ai termini osservativi. Le entità denotate dai termini osservativi sono osservabili. Quindi, il valore di verità di alcuni enunciati osservativi è empiricamente determinabile. Gli assiomi misti forniscono un'interpretazione empirica parziale ai termini teorici, collegandoli ai termini osservativi. Gli assiomi misti sono spesso chiamati "assiomi di coordinazione", per evidenziare che il loro ruolo consiste nel porre in relazione i termini teorici e osservativi.

3. Alcuni assiomi di coordinazione

Gli assiomi di coordinazione sono enunciati teorici complessi. Reichenbach espone alcuni esempi di questi assiomi.

3.1 Il metro

Reichenbach esamina la definizione del metro come multiplo di una determinata lunghezza d'onda.

Se si sceglie come unità [di misura] la lunghezza d'onda della luce del cadmio, la luce del cadmio è il fenomeno fisico con cui viene coordinata la definizione. Si noterà, in questo esempio, che il metodo di coordinare una unità con un oggetto fisico può essere molto complesso. Fino ad oggi nessuno è riuscito a vedere una lunghezza d'onda; sono stati osservati soltanto certi fenomeni che sono teoricamente coordinati con essa, come ad esempio le righe luminose e le righe oscure prodotte dall'interferenza. [H. REICHENBACH, *Philosophie der Raum-Zeit-Lehre*, Berlino, Walter de Gruyter, 1928, tr. it. di A. CARUGO, *La filosofia dello spazio e del tempo*, Milano, Feltrinelli, 1977, p. 40].

³ Testi classici sono R. CARNAP, "The methodological character of theoretical concepts" in *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. I, a cura di H. FEIGL e M. SCRIVEN, Minneapolis, University of Minnesota Press, 1956, pp. 38-76; R. CARNAP, "Beobachtungssprache und theoretische Sprache" in *Dialectica*, vol. 12, 1958, pp. 236-48; C. G. HEMPEL, *Fundamentals of concept formation in empirical science*, Chicago, University of Chicago Press, 1952; C. G. HEMPEL, "The theoretician's dilemma" in *Minnesota studies in the philosophy of science*, vol. II, a cura di H. FEIGL, M. SCRIVEN e G. MAXWELL, Minneapolis, University of Minnesota Press, 1958, pp. 37-98. Un'agile lettura è R. CARNAP, *I fondamenti filosofici della fisica – Introduzione alla filosofia della scienza*, a cura di M. GARDNER, Milano, Il Saggiatore, 1982.

Publicato in *Frammenti di filosofia contemporanea I*, a cura di I. Pozzoni, Limina Mentis, 2012

Gli assiomi di coordinazione non sono definizioni ostensive. Non è possibile puntare l'indice verso una lunghezza d'onda e dire "Quest'oggetto definisce il metro". "La lunghezza d'onda della luce del cadmio" è un concetto teorico.

3.2 Il tempo

Reichenbach analizza gli assiomi di coordinazione usati per definire l'uniformità del tempo.

La fisica [...] usa tre metodi indipendenti per la definizione dell'uniformità del tempo:

1. La definizione per mezzo di orologi naturali.
2. La definizione per mezzo delle leggi della meccanica. (Questo metodo comprende non solo la definizione per mezzo del moto inerziale, ma anche quelle definizioni che usano la rotazione della terra o il pendolo).
3. La definizione che usa il movimento della luce (orologio a luce). [ivi, p. 139-40].

Gli assiomi di coordinazione non descrivono procedure operazionali o proprietà osservabili, ma asseriscono complesse relazioni teoriche.

Quando Reichenbach considera gli orologi utilizzati nella pratica, osserva che

la rotazione della terra è un movimento inerziale, e la definizione di misura del tempo mediante l'orologio-terra dovrebbe pertanto venire annoverata fra le definizioni che usano la legge d'inerzia piuttosto che un sistema periodico. Pertanto, alla domanda quando si compia una rotazione "reale" della terra si può rispondere soltanto sulla base delle leggi della meccanica. [ivi, p. 144-5].

La durata dell'unità di misura del tempo – in questo esempio, una rotazione della Terra – non è determinata per mezzo di osservazioni dirette, ma è inferita con l'ausilio delle leggi della meccanica.

A proposito degli orologi atomici Reichenbach dice:

questa situazione è molto più complessa e sorge la questione se in simili condizioni si possa ancora considerare l'atomo come un orologio [...] si potrebbe, naturalmente, indagare sperimentalmente in che misura l'orologio atomico soddisfi le leggi relativistiche degli orologi. In questo modo potremmo scoprire direttamente se l'atomo possa o no essere considerato come un orologio nel senso della teoria relativistica del tempo. [ivi, p. 146].

Per determinare se il processo di emissione delle onde elettromagnetiche da parte di un atomo possa essere usato per misurare il tempo, si deve ricorrere alla teoria della relatività. Se tale processo soddisfacesse la teoria relativistica del tempo, allora potrebbe essere usato come un orologio. Il tempo è definito in accordo alla teoria della relatività, non attraverso procedure operazionali od osservazioni dirette.

3.3 La legge di Boyle

La legge di Boyle per i gas stabilisce la correlazione $PV=RT$ tra la pressione P , il volume V , la temperatura T e un'opportuna costante R . La temperatura (considerata in questa equazione un termine teorico) è coordinata con diverse percezioni, quali la lettura di un termometro e la sensazione di freddo e caldo. Si considerino due percezioni che differiscono soltanto perché i termometri sono di marche diverse. Ai fini della legge di Boyle, le due percezioni sono perfettamente equivalenti. La posizione della colonnina di mercurio del termometro è il solo elemento importante per misurare la temperatura del gas. La marca del termometro è irrilevante. In ogni percezione si devono scartare molti elementi non pertinenti e conservare quelli rilevanti. Si possono ignorare elementi di una percezione perché esistono teorie che giustificano la scelta d'ignorarli. Questo esempio evidenzia che:

1. Non possiamo usare direttamente una percezione, perché il suo contenuto è troppo complesso.
2. Per usare una percezione (ossia, trasformarla in un'osservazione) si deve separare l'essenziale dall'inessenziale, ignorando gli elementi irrilevanti.
3. Si deve usare una teoria per separare gli elementi irrilevanti da quelli rilevanti.
4. Una percezione diventa un'osservazione mediante l'ausilio di una teoria.

3.4 La misurazione di costanti fisiche

Misurazioni diverse della medesima costante fisica producono risultati differenti. Non s'interpreta ciò come la prova che la costante fisica è in realtà variabile. Le differenze sono attribuite a errori sperimentali, a incertezze nella conoscenza delle condizioni iniziali o a difficoltà intrinseche nella misurazione. Reichenbach non ha offerto esempi a questo proposito, ma è facile colmare la lacuna.

- Misurazioni diverse della velocità della luce producono risultati diversi. Ciò non è interpretato come una prova sperimentale che la velocità della luce non sia costante, ma come una conseguenza di errori sperimentali.
- Il valore attribuito oggi alla carica elettrica è diverso da quello attribuito all'inizio del Novecento. Si ritiene che questa differenza sia dovuta alla maggiore precisione sperimentale degli apparati contemporanei e non provi che la carica elettrica è cambiata nel ventesimo secolo.
- La differenza tra misure diverse della costante di Hubble è dell'ordine del 100%. S'interpreta ciò come conseguenza dell'elevata incertezza dei parametri fisici pertinenti, non come una prova che la costante di Hubble sia in realtà una variabile.
- Misurazioni diverse della distanza tra la Terra e il Sole producono risultati diversi. S'interpreta ciò come una conseguenza del fatto che l'orbita della Terra è ellittica e non circolare. A differenza dei casi precedenti, la discrepanza tra i valori misurati è considerata reale.

Reichenbach osserva che si usano le leggi della probabilità per determinare se la dispersione di un valore misurato sia causata da errori sperimentali. Le leggi della probabilità sono, in questo caso, assiomi di coordinazione, perché sono impiegate per definire cosa sia una costante fisica. Gli scienziati utilizzano teorie complesse per interpretare il risultato delle misurazioni e per decidere se i diversi valori di una grandezza fisica debbano essere interpretati come errori sperimentali o come una genuina variabilità di quella grandezza.

3.5 La metrica

Reichenbach insiste sul ruolo fondamentale degli assiomi di coordinazione nella propria analisi della teoria della relatività, in particolare riguardo al problema se sia possibile determinare empiricamente la geometria. In linea di principio, gli scienziati possono discriminare tra geometrie differenti mediante la misurazione di alcune grandezze fisiche. Per esempio, sulla superficie di una sfera il rapporto tra la circonferenza e il diametro è minore di π , mentre sulla superficie di un piano tale rapporto è uguale a π . Misurando una circonferenza e il diametro sarebbe possibile scoprire se la superficie della Terra sia una sfera o un piano. In modo analogo, misurando la curvatura, sarebbe possibile scoprire se lo spazio sia euclideo o non-euclideo. Si presenta tuttavia una domanda preliminare: l'esito della misurazione di una grandezza geometrica è un fatto oggettivo? Per rispondere, Reichenbach propone il seguente problema: la lunghezza di un regolo che si muove da un punto dello spazio, diciamo A, a un altro punto B, è costante? Si conoscono molte circostanze nelle quali la lunghezza cambia. Per esempio, se la temperatura in A è diversa da quella in B. È noto che la temperatura agisce in modo differente su corpi differenti. Se la temperatura in A fosse diversa da quella in B, due regoli di materiali diversi, come legno e acciaio, che avessero la stessa lunghezza in A, avrebbero lunghezze diverse in B. Sarebbe quindi possibile riconoscere

un'eventuale differenza di temperatura ed eliminare le variazioni causate da questa differenza. Ciò è possibile non solo per la temperatura, ma per ogni *forza differenziale*, ossia per ogni causa che agisce diversamente su sostanze diverse. Che cosa accadrebbe se fossero presenti *forze universali* che agiscono nella stessa maniera su ogni sostanza? Che cosa accadrebbe se una forza universale alterasse la lunghezza di tutti i regoli, nella medesima maniera, quando si muovono da A a B? Non vi sarebbe alcun effetto osservabile. Se non si escludono per definizione le forze universali, non si può sapere se la lunghezza di un regolo sia costante quando è spostato in un luogo diverso. L'esclusione delle forze universali è un assioma di coordinazione. Si potrebbe adottare una diversa definizione, nella quale la lunghezza di un regolo dipende dal punto dello spazio nel quale si trova. Dall'analisi di questo esempio si può notare che l'esito della misurazione dipende dagli assiomi di coordinazione. La forma geometrica di un corpo dipende pertanto dagli assiomi di coordinazione. Non è, dunque, una proprietà intrinseca del corpo. Un'importante conseguenza filosofica è la *relatività metrica della geometria*. Se un insieme di misurazioni corrobora una geometria G , si potrebbe scegliere una diversa geometria G^* e adottare un diverso insieme di assiomi di coordinazione in modo tale che le stesse misurazioni corroborino G^* . Le diverse geometrie sono – dal punto di vista della misurazione – equivalenti.

4. Teoria, osservazione e percezione

Secondo Reichenbach, la fisica contemporanea è caratterizzata dal fatto che ogni processo fisico è rappresentato da equazioni matematiche. Ogni elemento della realtà è coordinato con specifiche equazioni. “Coordinare” significa, in questa situazione, “stabilire una legge di corrispondenza”. Nella matematica ci sono molti esempi di coordinazione. Per esempio, è possibile stabilire una corrispondenza tra i numeri reali e i punti di una linea o tra le terne di numeri reali e i punti dello spazio euclideo. Una caratteristica della coordinazione tra enti matematici è che gli enti coordinati sono definiti indipendentemente dalla coordinazione stessa. Ossia, esistono leggi che definiscono gli enti coordinati, ed esiste una legge indipendente che definisce la correlazione. Nella fisica la situazione è differente. Un lato della correlazione – quello delle equazioni matematiche – è perfettamente definito. L'altro lato – il lato della realtà fisica – è privo di definizione. La realtà – osserva Reichenbach – è definita soltanto mediante la coordinazione con le equazioni. Nella fisica uno degli enti correlati, quello “reale”, è definito soltanto tramite la correlazione stessa.

Il punto di vista espresso da Reichenbach è diverso dalla posizione solitamente attribuita all'empirismo logico. Secondo la più comune interpretazione, l'empirismo logico asserirebbe che da un lato ci sono le teorie scientifiche, che usano concetti astratti come “elettrone”, “campo elettromagnetico” e “potenziale gravitazionale”, e dall'altro lato ci sono le percezioni e i concetti osservativi, come la lettura di una scala di misura, indipendenti dalla teoria. Secondo questa interpretazione, ci sarebbe una chiara distinzione tra teoria e osservazione, tra termini teorici e osservativi. La parte osservativa di una teoria descriverebbe la percezione e sarebbe indipendente dalla teoria. La teoria fornirebbe alcune previsioni che sarebbero controllate confrontandole con l'osservazione. La previsione di un evento e la sua osservazione sarebbero due processi completamente distinti. La previsione sarebbe un processo dipendente in maniera essenziale dalla teoria, mentre l'osservazione sarebbe un fatto la cui indipendenza dalla teoria garantirebbe la non circolarità del controllo della teoria. La tesi dell'indipendenza dell'osservazione dalla teoria sarebbe un aspetto fondamentale dell'empirismo logico. Reichenbach afferma invece che l'osservazione non è indipendente dalla teoria. Al contrario, l'osservazione è l'esito dell'interpretazione teorica della percezione. Reichenbach asserisce che la previsione e l'osservazione hanno il medesimo status epistemologico. L'evento osservato – ad esempio, l'incurvamento della luce in prossimità della superficie del Sole – è inferito con l'aiuto di teorie (come quelle relative agli strumenti ottici e agli

effetti di distorsione dell'atmosfera terrestre), al pari dell'evento previsto. Entrambi gli eventi, quello osservato e quello previsto, sono il risultato di una complessa catena di ragionamenti in cui la teoria ha un ruolo essenziale.

Si può chiedere se l'osservazione possa avere origine direttamente dalla percezione, senza la mediazione di una teoria. La risposta negativa di Reichenbach è tipicamente kantiana: la percezione richiede un giudizio di conoscenza per trasformarsi in osservazione. Si consideri la determinazione dell'ordine temporale mediante orologi. Non è possibile affidarsi alla percezione (ossia, ai valori letti sul quadrante dell'orologio), ma si deve ricorrere a teorie sulle proprietà fisiche degli orologi (sono affidabili? quale margine di errore hanno? sono sincronizzati? il ritmo cambia se sono in moto?). Anche solo per stabilire se una percezione corrisponda a qualcosa di reale o se sia un'illusione o un'allucinazione si deve ricorrere a qualche teoria. La percezione delle macchie luminose che si vedono quando si preme un dito contro la palpebra è reale. Tuttavia, se si è interessati ai fenomeni fisici, le macchie non sono reali, ma sono un'illusione ottica. Se invece si è interessati alla fisiologia umana, le macchie sono reali. La medesima percezione è interpretata come un'osservazione, in un ambito teorico, e come un'illusione, in un diverso ambito teorico.

5. A priori

Reichenbach riconosce due significati di “a priori”, che nel pensiero di Kant sono indistinti. “A priori” significa sia “necessariamente valido” sia “costitutivo dell'oggetto della conoscenza”. Reichenbach concorda con Kant che l'oggetto della conoscenza non è dato nella percezione, ma è costruito, tramite un atto di giudizio, con l'aiuto di schemi concettuali. Questi schemi concettuali sono, nella visione di Reichenbach, gli assiomi di coordinazione. Essi hanno pertanto il ruolo di principi a priori costitutivi dell'esperienza nel senso kantiano. Per Kant, i principi a priori sono necessariamente validi. Reichenbach si chiede se tale opinione sia corretta. Secondo l'interpretazione di Reichenbach, Kant asserì la necessaria validità dei principi costitutivi perché ogni conoscenza empirica sarebbe costruita secondo le leggi della ragione umana. L'esperienza non potrebbe contraddire queste leggi, poiché esse sono necessarie per l'esperienza stessa. Il ragionamento di Kant sembrerebbe corretto. Si consideri, ad esempio, la geometria euclidea. Essa è necessaria per la progettazione e la realizzazione degli apparati di misura. Quindi, nessuna misurazione potrebbe contraddirla. Ma – osserva Reichenbach – la teoria della relatività usa le geometrie non-euclidee. Persino il concetto di ordinamento temporale, talmente intuitivo che Kant lo considerava un principio a priori dell'intuizione, è stato modificato dalla teoria della relatività. Quindi, la situazione è più complessa di quanto sospettato da Kant. Costui – osserva Reichenbach – supposeva che un sistema composto di principi a priori fosse necessariamente valido. Tuttavia, potrebbe accadere che ciascun principio, preso per sé stesso, possa essere valido, ma che il sistema totale dei principi possa non essere valido. Reichenbach propone a tal fine il seguente esempio, ampiamente descritto in *La filosofia dello spazio e del tempo*⁴. Esseri intelligenti vivono in uno spazio sferico. Questa situazione può essere visualizzata immaginando esseri bidimensionali sulla superficie di una sfera. Questi esseri bidimensionali potrebbero studiare le proprietà geometriche della superficie sulla quale vivono mediante opportune misurazioni. Se misurassero gli angoli di un triangolo, riscontrerebbero che la somma degli angoli interni non è uguale a 180°. Potrebbero

⁴ L'esempio originale di Reichenbach si riferisce al solido geometrico noto come toro (ossia, una sorta di ciambella). Ho semplificato l'esempio, sostituendo il toro con una sfera. L'esempio di Reichenbach è forse più corretto, ma la versione semplificata si presta meglio all'esposizione; essa corrisponde al modello di universo descritto in A. EINSTEIN, “Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie” in *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften (Berlin)*, 1917, pp. 142-152 (tr. it. di A. M. PRATELLI, “Considerazioni cosmologiche sulla teoria della relatività generale” in *Albert Einstein – Opere scelte*, a cura di E. BELLONE, Torino, Bollati Boringhieri, 1988, pp. 361-73).

misurare il rapporto tra la circonferenza e il diametro e verificare che tale rapporto non è uguale a π . Si supponga tuttavia che questi esseri siano fermamente convinti di vivere su un piano euclideo. Potrebbero interpretare le misurazioni in maniera che non contraddicano la geometria euclidea, ipotizzando che qualche forza abbia deformato gli strumenti di misura. La superficie sferica sulla quale vivono è una superficie regolare, e dunque non è difficile ideare una formula matematica che descriva le presunte perturbazioni. Le misurazioni possono essere messe d'accordo con l'ipotesi del piano euclideo. Sembrerebbe che, nella situazione descritta da Reichenbach, la geometria euclidea possa essere difesa con successo, ipotizzando l'esistenza di perturbazioni. In realtà la situazione è più complessa. Si supponga che uno di questi esseri compia un viaggio dal polo nord della sfera – sia N_1 il polo nord – lungo uno dei meridiani (figura 1), attraversando il polo sud e tornando al polo nord, in modo da compiere un giro completo intorno alla sfera. Dal punto di vista dell'essere bidimensionale, egli è tornato al punto di partenza camminando in linea retta. Ciò è impossibile in un piano euclideo. Come potrebbe giustificare questa situazione, senza abbandonare l'ipotesi di vivere in un piano euclideo? Potrebbe immaginare di essere arrivato in un luogo, chiamiamolo N_2 , distante da N_1 , ma incredibilmente simile a N_1 . Potrebbe spiegare ciò supponendo l'esistenza di una periodicità spaziale. A questo punto – così continua la storia narrata da Reichenbach – il viaggiatore scrive una lettera, la firma e la chiude in una busta che lascia in N_2 . Torna poi a N_1 , passando attraverso il polo sud. Arrivato in N_1 , trova la busta e all'interno la lettera. Potrebbe tentare di spiegare questa situazione ipotizzando che ogni fenomeno che avviene in N_2 accade anche in N_1 . A tal fine, dovrebbe ammettere l'esistenza di un'azione a distanza priva di effetti locali. La fisica classica ammette l'azione a distanza, nel caso della forza gravitazionale. Esiste tuttavia una sostanziale differenza tra la gravità e la presunta influenza che N_2 eserciterebbe su N_1 : l'effetto gravitazionale si manifesta non soltanto dall'origine (per esempio dal Sole) al luogo distante (diciamo Giove), ma anche in ogni punto intermedio (in ogni luogo tra il Sole e Giove). Al contrario, l'evento che accade in N_2 influenza N_1 senza esercitare alcun effetto sui punti intermedi. Questa sarebbe una violazione del principio di causalità. Quindi, gli esseri bidimensionali potrebbero salvare la geometria euclidea, ma dovrebbero abbandonare il principio di causalità. Se desiderassero salvare il principio di causalità, dovrebbero abbandonare la geometria euclidea. Possono dunque esistere situazioni fisiche nelle quali è possibile salvare qualche principio a priori, ma a condizione di abbandonare qualche altro principio a priori. Questa sarebbe – secondo Reichenbach – una confutazione della filosofia kantiana. Si potrebbe salvare questo o quel principio a priori, ma non sarebbe possibile salvare tutti i principi a priori. La consistenza di un sistema globale di principi a priori deve essere controllata tramite la fisica. La teoria della relatività ha dimostrato che il sistema globale dei principi a priori kantiani non è consistente. Pertanto, i principi costitutivi dell'esperienza, ossia gli assiomi di coordinazione, sono a priori, ma non sono necessariamente validi. Sono dunque modificabili.

posizione dell'osservazione: essa è interna alla teoria, non è direttamente connessa alla percezione, ed è l'esito dell'interpretazione teorica della percezione. Gli assiomi di coordinazione sono impiegati per interpretare la percezione e trasformarla in osservazione. Partendo dalle osservazioni e usando sia la teoria sia le teorie ausiliarie, è possibile dedurre altre osservazioni. La validità della teoria dipende dalla consistenza dell'insieme complessivo delle osservazioni, formato da quelle date e da quelle dedotte. Il criterio di validità della teoria è quindi interno alla teoria stessa. Si osservi che, a differenza di quanto di solito attribuito all'empirismo logico:

- non si controlla mai una teoria da sola, ma insieme alle teorie ausiliarie;
- le osservazioni non sono date, ma sono il risultato di una complessa interpretazione della percezione mediante le teorie.

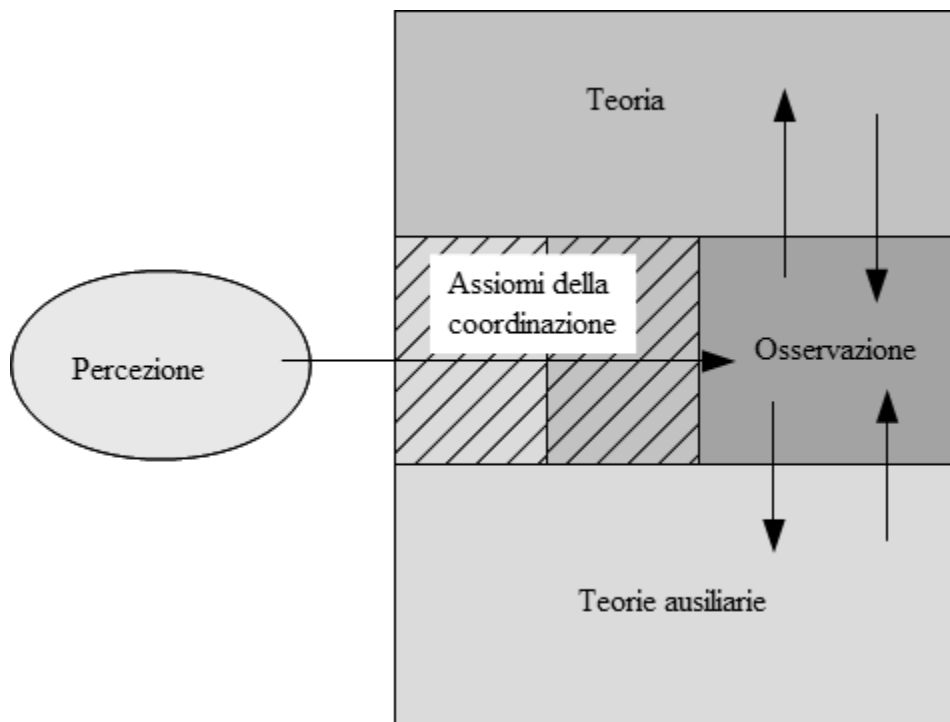


Figura 2. Un'ipotetica rappresentazione grafica della concezione di Reichenbach delle teorie scientifiche, che illustra la relazione tra la percezione, l'osservazione, la teoria e le teorie ausiliarie. L'osservazione è l'esito dell'interpretazione della percezione tramite gli assiomi della coordinazione, che fanno parte delle teorie scientifiche. L'osservazione non è indipendente dalla teoria, ma è un elemento della teoria.

La figura 3 illustra la cosiddetta *concezione standard* delle teorie. Questa immagine è un'interpretazione, abbastanza fedele, del punto di vista espresso da Einstein in una lettera scritta a Maurice Solovine il 7 maggio 1952. In quattro paragrafi, concisi ed eleganti, Einstein spiega l'interazione tra l'esperienza e la teoria. Primo, c'è l'esperienza. Secondo, ci sono gli assiomi delle teorie scientifiche, che non sono dedotti dall'esperienza. Terzo, dagli assiomi si possono dedurre enunciati osservativi. Quarto, si controllano gli enunciati osservativi con l'esperienza. La figura 3 esprime l'interpretazione classica dell'empirismo logico: dagli assiomi della teoria si deducono enunciati osservativi che sono controllati con l'esperienza. La differenza tra la figura 2 e la figura 3 è evidente. Nella figura 2 l'esperienza è divisa in due parti: la percezione – l'elemento indipendente dalla teoria, che richiede comunque l'interpretazione teorica – e l'osservazione, che appartiene alla teoria, poiché è l'esito dell'interpretazione teorica della percezione.

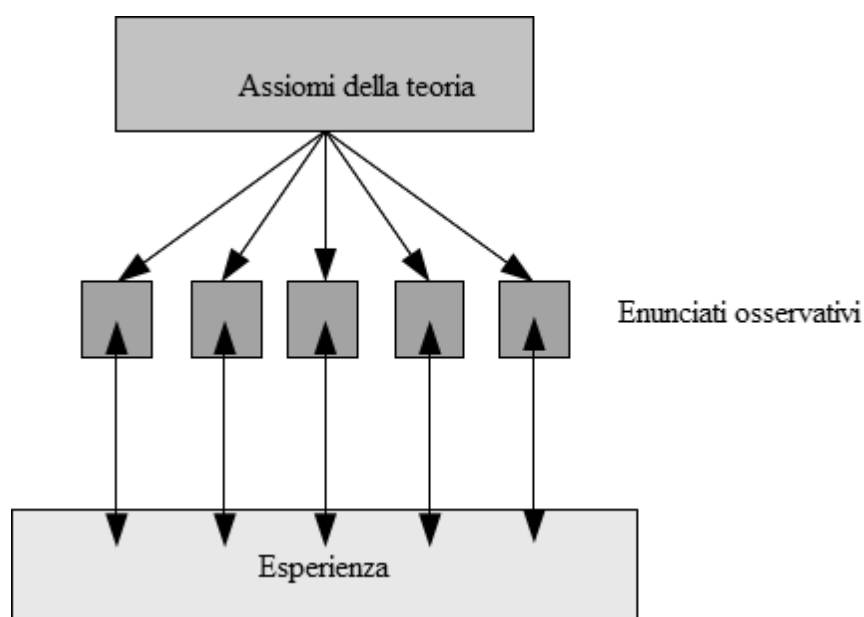


Figura 3. La *concezione standard* delle teorie scientifiche. La figura è un'elaborazione di uno schizzo di Einstein.

La figura 4 illustra il modello semantico delle teorie. La teoria determina una struttura, ossia un insieme di modelli. Le teorie ausiliarie e le osservazioni concorrono nel definire un modello dei dati, ossia una struttura astratta (di solito matematica) che descrive il campo d'investigazione. Un'opportuna relazione, che nel caso più semplice è un isomorfismo, sussiste tra il modello dei dati e il modello teorico. "Il cuore dell'interpretazione delle teorie e dei modelli scientifici offerto dal modello semantico è la netta distinzione tra i modelli teorici e i modelli dei dati [...] i modelli teorici sono costruiti da ingredienti puri della teoria, e le teorie ausiliarie e l'intero conglomerato – o la parte rilevante – della conoscenza di sfondo che lo scienziato eredita entrano nella costruzione dei modelli dei dati"⁵. La distinzione tra i modelli teorici e il modello dei dati è stata posta in discussione, poiché la teoria concorrerebbe alla costruzione del modello dei dati. L'analisi di Reichenbach spiega perché sia impossibile distinguere chiaramente tra modelli teorici e modelli dei dati.

⁵ D. PORTIDES, "Scientific models and the semantic view of scientific theories" in M. SOLOMON (a cura di), *PSA 2004. Proceedings of the 2004 biennial meeting of the Philosophy of Science Association. Philosophy of Science*, vol. 72, 2005, pp. 1287-98, p. 1288.

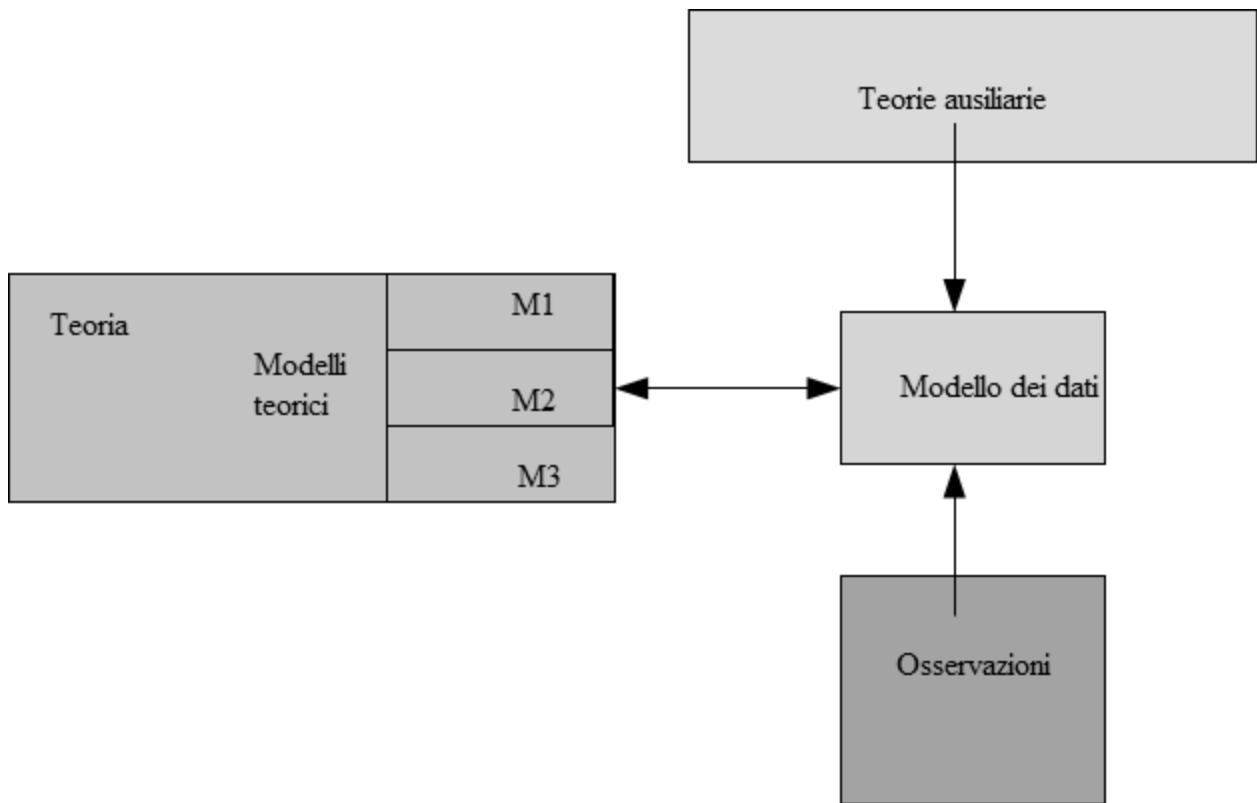


Figura 4. Il modello semantico delle teorie. Il modello dei dati è indipendente dalla teoria. È costruito usando le osservazioni e le teorie ausiliarie.

8. Conclusione

Gli scritti di Reichenbach esaminati sono interessanti per i seguenti motivi.

1. Aiutano a comprendere meglio la filosofia dell'empirismo logico, mostrando che gli empiristi logici sapevano che l'osservazione è carica di teoria e che la teoria è necessaria per trasformare la percezione in osservazione.
2. Testimoniano l'influenza della filosofia kantiana sull'empirismo logico.
3. Possono contribuire anche oggi all'analisi dei modelli delle teorie.

Nota biografica

Hans Reichenbach nacque il 27 settembre 1891 ad Amburgo. I suoi genitori erano Bruno Reichenbach, un mercante di origini ebraiche battezzato nel 1887, e Selma Menzel. Il padre e il fratello di Selma erano ingegneri civili, e Reichenbach fu attratto dallo studio dell'ingegneria. Dopo la scuola secondaria frequentata ad Amburgo, Reichenbach studiò ingegneria civile presso il Politecnico di Stoccarda (1910-11). Comprese presto che i suoi interessi vertevano su soggetti più teorici. Si dedicò allo studio della matematica, della fisica e della filosofia presso le università di Berlino, Monaco e Gottinga. Ebbe come insegnanti David Hilbert, Max Born, Max Planck, Arnold Sommerfeld e Ernst Cassirer. Reichenbach dichiarò di aver avuto molte soddisfazioni nello studio della matematica e della fisica, ma di aver trovato la filosofia scarsamente collegata con le scienze naturali. Trovò comunque interessante la filosofia kantiana. Durante gli anni dell'università, Reichenbach fu molto attivo in movimenti studenteschi e organizzazioni politiche giovanili. Pubblicò, su giornali studenteschi e accademici, articoli sulla riforma dell'università, sulla libertà di

ricerca, contro l'infiltrazione di idee antisemitiche nelle organizzazioni studentesche e contro le leghe paramilitari giovanili.

Reichenbach si laureò il 2 marzo 1915 presso l'università Friedrich-Alexander a Erlangen-Nürnberg, con una dissertazione sulla probabilità. Dopo gli studi, Reichenbach servì le forze armate tedesche sul fronte russo come addetto alle comunicazioni radio. Dopo due anni, fu rimosso dalle forze combattenti per motivi di salute. Ritornò quindi a Berlino dove, tra il 1917 e il 1920, lavorò presso un'industria di apparati radio come ingegnere direttore del laboratorio degli altoparlanti. In quegli stessi anni frequentò i corsi che Einstein teneva all'università di Berlino sulla teoria della relatività. Reichenbach continuò la propria attività politica e contribuì alla formulazione della piattaforma politica del Partito Socialista Studentesco, del quale fu il primo segretario. Tuttavia, dal 1919 – anno nel quale pubblicò un articolo sugli studenti e il socialismo – Reichenbach cessò le pubblicazioni politiche per dedicarsi interamente ai lavori filosofici e scientifici. Scrisse molti saggi sulla teoria della relatività, da lui conosciuta perfettamente per averla studiata sotto la guida di Einstein. Tra i più rilevanti si possono citare:

- *Relatività e conoscenza a priori*, 1920.
- “Presentazione di un'assiomatizzazione della teoria di Einstein sullo spazio e il tempo”, in *Physikalische Zeitschrift*, vol. 22, 1921, pp. 638-87.
- “Lo stato attuale della discussione sulla relatività” in *Logos*, vol. 10, 1922, pp. 316-78.
- *Assiomatizzazione della teoria della relatività*, 1924.
- *Da Copernico a Einstein*, 1927.
- *Filosofia dello spazio e del tempo*, 1928.

Dal 1920 al 1926 Reichenbach insegnò al Politecnico di Stoccarda. I suoi corsi riguardavano soggetti diversi, tra i quali la teoria della relatività, la telegrafia senza fili, le tecniche di misurazione e la filosofia. Nel 1926 divenne assistente presso il dipartimento di fisica dell'università di Berlino, grazie all'appoggio di Einstein, Planck e von Laue. Tenne questa posizione fino al 1933 quando, poco dopo la nomina di Adolf Hitler a Cancelliere, Reichenbach fu allontanato dall'università a causa dell'origine ebrea del padre. Tra il 1925 e il 1933 pubblicò saggi sulla teoria della probabilità e la causalità. Tra i più interessanti:

- “La struttura causale del mondo e la distinzione tra passato e futuro” in *Sitzungsberichte, Bayerische Akademie der Wissenschaft*, novembre 1925, pp. 133-75.
- “Sequenze probabilistiche continue” in *Zeitschrift für Physik*, vol. 53, 1929, pp. 274-307.
- “Assiomatica della teoria della probabilità” in *Mathematische Zeitschrift*, vol. 34, 1932, pp. 568-619.
- “I fondamenti logici del concetto di probabilità” in *Erkenntnis*, vol. 3, 1933, pp. 401-25.

S'interessò allo sviluppo della microfisica, come testimoniano le numerose pubblicazioni, tra le quali giova ricordare:

- “Un nuovo modello dell'atomo” in *Die Umschau* vol. 31, 1927.
- “I fondamenti dell'immagine del mondo delle scienze naturali: teoria atomica e relatività” in *Exakte Naturwissenschaften*, vol. 2, 1927, pp. 247-72.
- *Atomo e cosmo*, 1930.

Il libro *Atomo e cosmo* ebbe un notevole successo e fu tradotto in spagnolo (1931), inglese (l'edizione britannica è del 1932, quella statunitense del 1933), francese (1934) e ungherese (1937). Nel 1930 Reichenbach assunse la direzione, con Rudolf Carnap, della neonata rivista *Erkenntnis*. Dopo l'allontanamento dall'università di Berlino, Reichenbach emigrò in Turchia. Fu nominato capo del dipartimento di filosofia dell'università di Istanbul, una posizione che tenne fino al 1938. Reichenbach introdusse nel corso di filosofia alcuni insegnamenti interdisciplinari. Gli studenti di

filosofia dovevano frequentare corsi di matematica, fisica, biologia e psicologia. Nel 1935 pubblicò il libro *Teoria della probabilità*. In Turchia scrisse il manoscritto di *Esperienza e previsione*, che fu pubblicato nel 1938 negli Stati Uniti d'America. Continuò a scrivere per *Erkenntnis*, soprattutto sulla teoria della probabilità, pubblicando anche un commento alla *Logica della scoperta scientifica* di Popper.

Nel 1938, con il supporto di Charles Morris, Ernest Nagel, Victor Lenzen ed Einstein, gli fu offerta una cattedra all'Università della California a Los Angeles. Reichenbach accettò ma, durante il viaggio da Istanbul a Los Angeles, ebbe un infarto. Gli fu quindi impossibile iniziare regolarmente l'anno accademico. Riuscì poi a ristabilirsi, assunse la cattedra offertagli e insegnò presso l'Università della California fino al 1953.

Reichenbach continuò a lavorare sulla teoria della probabilità, che applicò allo studio della meccanica dei quanti. Si possono ricordare:

- *La teoria della probabilità*, 1935.
- “Sulla probabilità e l'induzione” in *Philosophy of Science*, vol. 5, 1938, pp. 24-45.
- “Sulla concezione semantica e sull'oggetto delle espressioni di probabilità” in *The journal of unified science (Erkenntnis)*, vol. 8, 1939, pp. 50-68.
- “Sulla giustificazione dell'induzione” in *The journal of philosophy*, vol. 37, 1940, pp. 97-103.
- *I fondamenti filosofici della meccanica quantistica*, 1944.
- “I fondamenti filosofici della probabilità” in *Proceedings of the Berkeley symposium on mathematical statistics and probability*, 1949, pp. 1-20.

Nel 1947 pubblicò *Elementi della logica simbolica* e nel 1951 *La nascita della filosofia scientifica*, il suo libro di maggior successo. Reichenbach morì il 9 aprile 1953 a Los Angeles, vittima di un infarto. Sono stati pubblicati postumi *Enunciati legittimi e operazioni ammissibili* (1954) e *La direzione del tempo* (1956).

Bibliografia

- R. CARNAP, “The methodological character of theoretical concepts” in *Minnesota studies in the philosophy of science*, vol. I, a cura di H. FEIGL e M. SCRIVEN, Minneapolis: University of Minnesota Press, 1956, pp. 38-76 (tr. it. “Il carattere metodologico dei concetti teorici” in *Analiticità, significanza, induzione*, a cura di A. MEOTTI e M. MONDADORI, Bologna, Il Mulino, 1971, pp. 265-315).
- R. CARNAP, “Beobachtungssprache und theoretische Sprache” in *Dialectica*, vol. 12, 1958, pp. 236-48 (tr. it. “Linguaggio osservativo e linguaggio teorico” in *Analiticità, significanza, induzione*, a cura di A. MEOTTI e M. MONDADORI, Bologna, Il Mulino, 1971, pp. 49-62).
- R. CARNAP, *Philosophical foundations of physics*, a cura di M. GARDNER, New York, Basic Books, 1966; seconda edizione: *An introduction to the philosophy of science*, a cura di M. GARDNER, New York, Dover, 1994 (tr. it. di C. MANGIONE e E. VINASSA DE REGNY, *I fondamenti filosofici della fisica – Introduzione alla filosofia della scienza*, Milano, Il Saggiatore, 1971).
- A. EINSTEIN, “Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie” in *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften (Berlin)*, 1917, pp. 142-152 (tr. it. di A. M. PRATELLI, “Considerazioni cosmologiche sulla teoria della relatività generale” in *Albert Einstein – Opere scelte*, a cura di E. BELLONE, Torino, Bollati Boringhieri, 1988, pp. 361-73).
- M. FRIEDMAN, *Reconsidering logical positivism*, New York, Cambridge University Press, 1999.
- S. GIMBEL e A. WALZ (a cura di), *Defending Einstein: Hans Reichenbach's writings on space, time, and motion*. Cambridge, Cambridge University Press, 2006.
- C. G. HEMPEL, *Fundamentals of concept formation in empirical science*. Chicago, University of

Publicato in *Frammenti di filosofia contemporanea I*, a cura di I. Pozzoni, Limina Mentis, 2012

Chicago Press, 1952 (tr. it. di A. PASQUINELLI in *La formazione dei concetti e delle teorie nella scienza empirica*, Milano, Feltrinelli, 1961).

- C. G. HEMPEL, "The theoretician's dilemma" in *Minnesota studies in the philosophy of science*, vol. II, a cura di H. FEIGL, M. SCRIVEN e G. MAXWELL, Minneapolis, University of Minnesota Press, 1958, pp. 37-98 (tr. it. di A. PASQUINELLI in *La formazione dei concetti e delle teorie nella scienza empirica*, Milano, Feltrinelli, 1961).
- M. MURZI, "Reichenbach, Hans" in *Internet Encyclopedia of Philosophy*, 2001, [www.iep.utm.edu/reichenb].
- M. MURZI, "Reichenbach, Hans", in *Encyclopedia of Philosophy, 2nd edition*, MacMillan Reference Book, 2005, vol. 8, pp. 318-22 [www.murzim.net/Articles/Reichenbach.pdf].
- M. MURZI, "Rethinking Reichenbach – Review of Steven Gimbel and Anke Walz (eds), *Defending Einstein: Hans Reichenbach's writings on space, time, and motion*" in *Metascience*, vol. 17, 2007, pp. 91-4.
- D. PORTIDES, "Scientific models and the semantic view of scientific theories" in M. SOLOMON (a cura di), *PSA 2004. Proceedings of the 2004 biennial meeting of the Philosophy of Science Association. Philosophy of Science*, vol. 72, 2005, pp. 1287-98.
- H. REICHENBACH, *Relativitätstheorie und Erkenntnis Apriori*. Berlino, Spinger, 1920 (tr. inglese di M. REICHENBACH, *The theory of relativity and a priori knowledge*, Berkeley e Los Angeles, University of California Press, 1965; tr. it. dalla versione inglese di S. CIOLLI PARRINI e P. PARRINI, *Relatività e conoscenza a priori*, Roma Bari, Laterza, 1984).
- H. REICHENBACH, *Axiomatik der relativistischen Raum-Zeit-Lehre*, Vieweg, Braunschweig, 1924 (tr. inglese di M. REICHENBACH, *Axiomatization of the theory of relativity*, Berkeley, University of California Press, 1969).
- H. REICHENBACH, "Erwiderung auf eine Veröffentlichung von Herrn Hj. Mellin" in *Zeitschrift für Physik*, vol. 36, 1926, pp. 106-12 (tr. inglese di "Response to a publication of Mr. Hj. Mellin" in *Defending Einstein: Hans Reichenbach's writings on space, time, and motion*, a cura di S. GIMBEL e A. WALZ, Cambridge, Cambridge University Press, 2006, pp. 205-13).
- H. REICHENBACH, *Philosophie der Raum-Zeit-Lehre*, Berlino, Walter de Gruyter, 1928 (tr. inglese di M. REICHENBACH e J. FREUND, *The philosophy of space and time*, New York, Dover, 1958; tr. it. dalla versione inglese di A. CARUGO, *Filosofia dello spazio e del tempo*, Milano, Feltrinelli, 1977).