ANALISI STORICO-CRITICA DEGLI SCRITTI DI POPPER SULLA LOGICA DELLA SCOPERTA SCIENTIFICA

ANTONIO VENEZIA

Università di Napoli

Il contributo maggiore di Popper alla filosofia della scienza è la formulazione del principio di falsificazione [6] come criterio di demarcazione tra scienza e non-scienza, in opposizione al principio di verificazione dei Neopositivisti Logici. In questo articolo mostrerò con una analisi di tipo formale che lo schema popperiano della falsificazione e la sua asimmetria con la verificazione non sono formalizzabili con la sola Logica Classica. Con una analisi di tipo storico degli articoli di Popper cercherò, poi, di trovare gli indizi utili per definire una logica non classica in grado di spiegare la Logica della Scoperta Scientifica, individuando nella Logica Intuizionista una valida alternativa alla Logica Classica.

Introduzione

Popper ha pubblicato più di cinquecento opere in inglese, di cui circa venti dedicate alla Logica di una teoria scientifica (tab. 1).

Tab. 1 Alcune pubblicazioni di Popper sulla Logica di una Teoria Scientifica[1]

1934	*Logik der Forschung*, Springer, Vienna
1946	*Why are the calculuses of logic and arithmetic applicable to reality?*, Ar. Soc. 20
1947	*New Foundations for Logic*, Mind 56
	Logic without assumptions, Proc. Arist. Soc. 47
	Functional Logic without Axioms…, Indag. Mathematicae, 9
1948	*On the theory of deduction*, part 1, Proc. Kon. Ned. Ak. Van Wet. 51 (2)
	On the theory of deduction, part 2, Proc. Kon. Ned. Ak. Van Wet. 51 (3)
	The trivialization of mathematical logic, Proc. Int. Cong. Phil., 2
	What can Logic do for Philosophy?, Ar. Soc. 22
1959	*The Propensity Interpretation of Probability*, Brit. Journ. Phi. Sc., 32
1962	*Conjectures and refutations*, Basic Book, N. Y.
1968	*Birkhoff and von Neumann's interpretation of Quantum Mechanics*, Nature 219
	Modal Logics with Two Kinds of Necessity and Possibility, N. D. J. Form. Logic, 9
1969	*Quantum Theory, Quantum Logic …*, Akt. XIV Int. Cong. Phi, Vienna
1970	*A realist view of logic, physics and history …*, Plenum Press. N. Y.
1976	*Induction; Deduction; Objective Truth*, Meth. and Sc., 4

[1] Nel sito dell'Università di Vienna (www.univie.ac.at/science-archives/popper/biblio.html) è riportata la bibliografia completa di Popper con relative traduzioni.

La Logica della scoperta scientifica (1934) è la prima fondamentale opera di Popper e il suo contributo maggiore al problema dell'induzione e della falsificabilità di una teoria scientifica. L'autore ritornerà su questi argomenti più volte dopo il 1934, con anni di maggiore attività raggruppabili nei seguenti periodi:

1946-1948: in otto articoli Popper studia i fondamenti e l'assiomatizzazione della logica e della aritmetica, e la teoria della deduzione.

1959-1963: Popper si occupa in due articoli di logiche non classiche (logica a più valori di verità e calcolo della probabilità);

1968-1970: due articoli dedicati alla Logica Quantistica; un articolo sulla Logica Modale; infine Popper ritorna con altri due articoli (uno è del 1976) sul problema della deduzione e dell'induzione.

Il filo conduttore della presente analisi storico-critica sarà il tentativo di riportare alcune considerazioni semiqualitative, che Popper ha svolto negli articoli di tabella 1, a una formalizzazione esistente della Logica Matematica. Lo scopo è quello di rendere in questo modo più rigoroso e formale il concetto di «logica della scoperta scientifica». Le formalizzazioni a cui in seguito farò riferimento sono sinteticamente schematizzate nella tabella 2.

Tab. 2. Alcune Logiche Fondamentali.

Tipo di Logica	Origini	Leggi caratteristiche
Logica Classica (LC)	È nota fin dal tempo dei Greci, ma è stata formalizzata algebricamente solo nel 1847 da De Morgan e Boole	Legge del Terzo Escluso («Una proposizione o è vera o è falsa, non esiste una terza possibilità»). Legge dell'Assurdo («ex falso quodlibet»). Legge Distributiva della congiunzione («Λ») rispetto alla disgiunzione («V»): $p\Lambda\ (q\mathrm{V}r) =\ (p\Lambda q)\ \mathrm{V}\ (p\Lambda r)$ essendo p, q, r tre proposizioni. Queste Leggi definiscono implicitamente i quattro connettivi (= operatori) logici: congiunzione (Λ), disgiunzione (V), negazione (¬), implicazione (→).
Logica Modale (LM_0)	Lewis (1912)	Due connettivi tipici (assenti nella LC) che introducono due «modalità» nuove di verità: «è possibile», «è necessario».
Logiche Polivalenti (LP)	Lukasiewicz (1920)	A differenza della LC, che ammette solo due valori di verità (vero o falso), queste logiche sono a tre o più valori di verità.
Logica Intuizionista (LI)	Brouwer (1930)	Rifiuto della Legge del Terzo Escluso e quindi negazione debole rispetto alla negazione classica (una doppia negazione intuizionista non afferma).
Logica Minimale (LM)	I. Johansson (1930)	LI senza la legge dell'Assurdo.
Logica Quantistica (LQ)	Birkhoff e von Neumann (1936)	Rifiuto della legge distributiva della congiunzione rispetto alla disgiunzione.

1. La teoria dell'induzione e la falsificabilità nella «Logica della Scoperta scientifica»

Per capire la Logica di una teoria scientifica occorre partire da due concetti fondamentali: induzione e verificazione.

Riguardo al problema dell'induzione, Popper ha sostenuto che non sono fondate né l'induzione per *enumerazione*, né l'induzione per *eliminazione*. Infatti, nel primo caso:

> Per quanto numerosi sono i cigni bianchi che possiamo aver osservato, ciò non giustifica la conclusione che *tutti* i cigni sono bianchi (p. 6, [1]) [...]. Una decisione positiva può sostenere la teoria soltanto temporaneamente, perché può sempre darsi che successive decisioni negative la scalzino (p. 13, [1]).

Per il secondo tipo di induzione, Popper critica la tesi di Bacone e Mill, che sostenevano che è possibile giungere a una teoria vera eliminando tutte le teorie rivali false. Secondo Popper, invece, le teorie rivali sono infinite.

Allora l'unica cosa che possiamo fare è accettare una teoria fino a che questa non venga falsificata o contraddetta dall'esperienza. Ogni fatto che concorda con la teoria non fa altro che *corroborare* quella teoria; un solo fatto negativo *falsifica* la teoria. Il criterio di falsificabilità è un principio metodologico, secondo il quale una teoria è scientifica solo se da essa sono estraibili conseguenze che possono essere confutate dai fatti. Popper propone la falsificabilità come criterio di demarcazione tra teorie scientifiche e non, e la contrappone al principio di verificazione (dei Neopositivisti Logici del Circolo di Vienna), che invece è un principio di *significanza*, delimitante l'insieme delle proposizioni *sensate*, ovvero empiricamente verificabili.

La falsificabilità si fonda sul fatto che le leggi di natura esprimono un divieto; la possibilità di infrangere questo divieto è garanzia di scientificità.

Scrive infatti Popper (ivi, p. 55):

> Le teorie della scienza della natura, e specialmente le cosiddette leggi di natura, hanno la forma di asserzioni strettamente universali; dunque, possono venire espresse sotto forma di negazioni di asserzioni strettamente esistenziali, o, come possiamo anche dire, sotto forma di *asserzioni di non esistenza* (o asserzioni «non c'è»). Per esempio, la legge della conservazione dell'energia può essere espressa sotto la forma:
> «Non esiste nessuna macchina del moto perpetuo»
> o l'ipotesi della carica elettrica elementare sotto la forma
> «Non esiste nessuna carica elettrica che non sia un multiplo della carica elementare».
> In questa formulazione vediamo che le leggi di natura possono essere paragonate a «divieti» o «proibizioni». Non asseriscono che qualcosa esiste, o accade: lo negano. Insistono sulla non-esistenza di certe cose, o di certi stati di cose proscrivendo, o proibendo, per così dire, queste cose o questi stati di cose: li escludono. E proprio perché lo fanno sono *falsificabili.*

Una definizione rigorosa di falsificabilità è stata data da Popper nel seguente passo (p. 109, [1]):

> una teoria è falsificabile se esiste almeno una classe non vuota di *asserzioni base* [singolari, non universali] *omotipiche* [che si riferiscono a un evento] vietate dalla teoria.

Partendo da queste considerazioni cercherò di formalizzare nei paragrafi seguenti il contenuto del concetto di «falsificabilità».

2. La formalizzazione della falsificabilità: il ruolo della negazione

Nel passo (p. 55, [1]) che ho riportato, Popper richiama l'equivalenza tra una asserzione strettamente universale e la negazione di una asserzione strettamente esistenziale. Egli cita verbalmente la seguente equivalenza formale della Logica Classica:

$$\forall x\colon A(x) \Leftrightarrow \neg\exists x\colon \neg A(x) \tag{1}$$

essendo A(x) una proposizione riguardante la variabile x e i simboli ∀ (qualunque) ed ∃ (esiste) rispettivamente il quantificatore universale ed esistenziale del calcolo logico. È chiaro da questa formalizzazione che al secondo membro compaiono due negazioni. Popper però nella sua analisi qualitativa delle leggi di natura si sofferma sempre e solo su una negazione (quella sul quantificatore esistenziale), sottolineandone il ruolo fondamentale nel processo della falsificazione e trascura del tutto la negazione sul predicato A(x). Questa omissione è evidente nelle due leggi di natura, che egli cita come esempi di «asserzioni di non-esistenza» (si noti di nuovo la sottolineatura della sola negazione sul quantificatore esistenziale). Infatti, ci sono due negazione nella legge:

Non esiste nessuna carica elettrica che *non* sia un multiplo della carica elementare.

Mentre nell'altro esempio la seconda negazione è meno evidente, perché occultata nell'aggettivo «perpetuo», che si deve intendere come «non finito», essendo il moto finito l'unico moto che possiamo operativamente controllare. Quindi anche la legge

Non esiste nessuna macchina del moto perpetuo (= *non* finito)

contiene due negazioni.

Allora una prima modifica da fare alla tesi di Popper è che le leggi di natura non sono «divieti», ma piuttosto «divieti di divieti», cioè doppie negazioni.

Questa semplice osservazione ha una conseguenza importante in termini del sistema logico formale. Si può infatti dimostrate il seguente Teorema 1.

TEOREMA 1: Se le leggi L della teoria T sono proposizioni con una doppia negazione e se vale la logica classica LC, allora T non è falsificabile secondo la definizione di Popper.

DIMOSTRAZIONE: Se vale la LC, per una generica legge L ∈ T vale la Legge del Terzo Escluso, quindi una doppia negazione afferma.

Allora l'insieme delle leggi che esprimono un divieto o una proibizione (e quindi contengono una negazione) risulta essere vuoto, in quanto la generica legge L, che contiene due negazioni, a causa della Legge del Terzo Escluso, sarà equivalente a una affermazione.

Per la definizione data da Popper (p. 109, [1]), riportata nel paragrafo precedente, T non è falsificabile.

Il riconoscimento della seconda negazione nelle leggi di natura e il Teorema 1 rendono inadeguata la sola Logica Classica per la formalizzazione della falsificabilità. Occorre, allora, verificare per prima cosa se Popper ammetta la possibilità di una logica non classica in una teoria scientifica.

Per fare questo, esaminiamo l'esempio con cui Popper introduce il concetto di falsificabilità a p. 54 [1]:

A = «Tutti i corvi sono neri».

Dice Popper che questa asserzione non può essere empiricamente verificata, perché per quanti corvi neri potremmo osservare, non saremo mai sicuri che in futuro o in luoghi sconosciuti non esistano corvi di altro colore (problema dell'induzione). Per superare questa difficoltà di verifiche infinite, Popper propone di accettare A fino a che non si trovi una proposizione singolare che la contraddica, o la neghi direttamente. Si sposta in questo modo il problema della verifica diretta di A alla verifica della sua negazione.

Ma che cosa significa negare A?

Scrive Popper (p. 55, *ibid.*):

> La negazione di una asserzione strettamente universale è sempre equivalente a una asserzione strettamente esistenziale e viceversa. Per esempio «Non tutti i corvi sono neri» dice la stessa cosa che «Esiste un corvo che non è nero», o: «Esistono corvi non-neri».

Popper intuisce che la negazione di A può avere due significati distinti, ma non si sofferma abbastanza sulle conseguenze di tale ambiguità.

Voglio invece far notare che è proprio questa ambiguità a richiedere in termini formali una logica diversa da quella classica. Infatti, la negazione di A assume significati diversi in base a che si intenda negato il quantificatore o il predicato contenuto nella proposizione; cioè si può avere:

¬A = «Non tutti i corvi sono neri», cioè «esiste almeno un corvo che non è nero».

~A = «Tutti i corvi sono non-neri», cioè «esistono solo corvi di colore diverso dal nero».

Queste due negazioni non sono formalizzabili nello stesso sistema logico.

La prima negazione è una negazione classica: se neghiamo ¬A, otteniamo la frase di partenza A. Infatti, negare la proposizione 1 equivale a dire che «non esiste neanche un corvo che non è nero», cioè «tutti i corvi sono neri». Dunque: ¬¬A=A. Vale la legge della doppia negazione che afferma, come in Logica Classica.

La seconda negazione non sempre soddisfa questa legge. Negare la proposizione 2, all'interno dell'ambiguità relativa alla possibilità di negare il quantificatore o il predicato della proposizione, potrebbe voler dire che «esistono alcuni corvi neri», cioè qualcosa in meno della frase A di partenza. Dunque ~~A≠A e la proposizione 2 è una negazione non classica di A.

Popper usa solo il primo tipo di negazione classica.

Cosa succederebbe al suo schema sulla falsificabilità se si utilizzasse una negazione non classica? Semplicemente verrebbe a mancare quell'asimmetria tra verificabilità e falsificabilità di cui egli parla. Infatti per verificare ~A avremmo gli stessi problemi (misure infinite per provare che esistono solo corvi di colore diverso dal nero) che avevamo per verificare direttamente A.

La conclusione è che non esiste asimmetria tra falsificazione e verificazione quando le leggi di natura sono doppie negazioni. Come mostrerò nel prossimo paragrafo, entrambe le procedure richiedono un approccio più complesso mediante il passaggio a un tipo di logica non classica.

3. Il ruolo dell'implicazione nella formalizzazione della falsificabilità

La rottura dell'asimmetria tra verificabilità e falsificabilità quando si mette in evidenza anche la seconda negazione nelle leggi di natura si può vedere meglio da un punto di vista formale introducendo un secondo connettivo: l'implicazione «→». Infatti l'asimmetria tra falsificabilità e verificabilità (p. 23, [1]) si giustifica formalmente con la definizione classica di implicazione, in cui, mentre la falsità si trasmette dalla conclusione ad almeno una premessa, la verità no.

La tabella di verità dell'implicazione della logica classica è la seguente:

A	**B**	**A→B**
V	V	V
F	V	V
V	F	F
F	F	V

In una deduzione corretta (le righe 1, 2, 4), se la conclusione è falsa, allora anche la premessa è falsa (ultima riga). Mentre, se la conclusione è vera, non è detto che lo sia anche la premessa (riga 1 e 2).

Per l'esempio di Popper, una implicazione corretta è:

«Se tutti i corvi sono neri, allora questo corvo è nero»

dove A = «Tutti i corvi sono neri» e B = «Questo corvo è nero». In questo esempio, la tabella di verità concorda con la tesi di Popper: se trovo un corvo che non è nero (B=F), allora la premessa A è falsa (riga 4); ma se trovo un corvo nero (B=V), non so se la premessa è vera (riga 1) oppure è falsa (2).

Le regole formali della Logica Classica (già note agli Stoici) a cui occorre far riferimento sono: *modus ponens* e *modus tollens*. La prima ha la forma seguente: «Se vale il primo (l'antecedente), allora vale il secondo (il conseguente); ma il primo vale, dunque vale anche il secondo».

Essa è detta *modus ponendo ponens*, o in breve *modus ponens*, perché, letteralmente, affermando (l'antecedente) afferma (il conseguente). In formule la regola equivale al seguente schema:

$$\frac{\begin{array}{c}A \rightarrow B \\ A\end{array}}{B}$$

La seconda regola afferma che: «Se vale il primo (l'antecedente), allora vale il secondo (il conseguente); ma il secondo non vale, dunque non vale neanche il primo».

Essa è detta *modus tollendo tollens*, o in breve *modus tollens*, perché negando (il conseguente) nega (l'antecedente). In formule:

$$\frac{\begin{array}{c}\forall x\ A \rightarrow B \\ \exists x\ \neg B\end{array}}{\neg \forall x\ A}$$

Il *modus ponens* è alla base dello schema deduttivo classico, in cui si parte dalle premesse per avere informazioni sulle conclusioni. Esso è stato considerato lo schema logico più adatto a esprimere una teoria scientifica della natura. Da Newton in poi una teoria fisica nel suo stadio più evoluto è stata esposta secondo il metodo deduttivo; da poche premesse (principi assiomatici) si ricavano tutte le proposizioni della teoria.

Con Popper questa visione delle teorie scientifiche viene capovolta: non è il *modus ponens* che distingue una teoria scientifica da una non scientifica, ma il *modus tollens*, grazie al quale una teoria è falsificabile e perciò non metafisica.

Popper contrappone alla deduzione del *modus ponens* il concetto di *rejection rule*, cioè la regola dell'esclusione, o della riduzione, o ancora della selezione[2] del *modus tollens*.

Applichiamo alla legge del moto perpetuo («non esiste il moto perpetuo») i due schemi classici, sottolineando però anche la seconda negazione («perpetuo»= «che non ha fine»). Indichiamo con m un generico moto, e con $F(m)$ il predicato «m è finito». La legge diventa: $A = \neg\exists m: \neg F(m)$, che secondo la Logica Classica è equivalente ad $A = \forall m\, F(m)$. Applichiamo *modus ponens* e *modus tollens*:

$$\frac{\begin{array}{c}\forall m\, F(m) \rightarrow \neg\exists m: \neg F(m) \\ \forall m\, F(m)\end{array}}{\neg\exists m: \neg F(m)} \qquad \frac{\begin{array}{c}\forall m: F(m) \rightarrow \neg\exists m: \neg F(m) \\ \exists m_o \neg\, F(m_0)\end{array}}{\neg[\forall m\, F(m)]}$$

Prendendo in considerazione anche la seconda negazione presente in A, in questa formalizzazione classica non esiste quell'asimmetria tra verificazione (primo schema) e falsificazione (secondo schema) di cui parla Popper. Infatti, per il primo

[2] Popper stesso nella prefazione (p. XLVII) all'edizione italiana di [1] del 1970 si rifà a Darwin.

schema di dimostrazione (seconda riga) si può ripetere la critica di Popper alla teoria dell'induzione; per quanti moti finiti posso sperimentare non potrò con certezza asserire che tutti i moti sono finiti.

Ma anche il secondo schema di dimostrazione, che Popper ritiene risolutore, risolve solo apparentemente il problema; si riesce a falsificare la legge solo ricorrendo nella seconda riga a una proposizione non operativamente fondata (perché l'esistenza di un moto infinito è indimostrabile).

La conclusione è che aver messo in evidenza la seconda negazione nelle leggi di natura rende insufficiente la sola logica classica per formalizzare lo schema popperiano. Il problema da risolvere è allora: quale tra le Logiche non classiche riesce in questo compito?

4. Alla ricerca di una logica non classica per la falsificabilità Popperiana

4a. Una analisi storica

Lo studio degli altri articoli di Popper sulla Logica di una teoria scientifica permette di ricavare alcuni indizi sulle caratteristiche di una logica non classica adatta allo schema della falsificazione.

Nonostante nel 1970 Popper avesse sostenuto (p. 18, [2]) che la Logica Classica fosse l'unica in grado di sottoporre a critica l'insieme delle proposizioni di una teoria scientifica, la sua posizione non era stata altrettanto esplicita nelle opere precedenti. Ci sono, infatti, alcune asserzioni antecedenti al 1970 che lasciano aperto uno spiraglio a una logica non classica.

Il primo riferimento lo si trova già nella «Logica della Scoperta Scientifica» del 1934. Popper aveva scritto (p. 83, [1]) che:

> Lavoriamo molto spesso con asserzioni, che, sebbene siano di fatto false, conducono a risultati che sono adeguati per certi scopi.

Egli sosteneva, in pratica, il contro-esempio come metodo di dimostrazione, ovvero la dimostrazione per assurdo. Nella logica classica, dopo l'assiomatizzazione Hilbertiana dell'aritmetica, si era invece cercato di evitare l'uso della dimostrazione per assurdo nello sviluppo deduttivo della teoria, a favore delle dimostrazioni dirette. Basti pensare che Frege e Bolzano cercarono di riformulare la geometria euclidea evitando le dimostrazioni per assurdo in essa contenute. In questo senso la scelta di Popper è controcorrente rispetto alla posizione dominante in Logica Classica all'inizio del secolo scorso.

Nel 1947, inoltre, Popper [3] aveva sostenuto ancora più esplicitamente una organizzazione della logica senza assunzioni primitive; il che nega lo schema deduttivo classico, che parte proprio da assiomi o proposizioni primitive. Basti pensare ai *Principia Mathematica* di Russell, che deducono l'intera aritmetica da cinque proposizioni primitive, oppure a Nicod, che ridusse queste cinque proposizioni a una sola. Scrive infatti Popper:

> I tradizionali sistemi logici, come i Principia Mathematica [...] procedono nel seguente modo: (a) connettivi primitivi e non definiti [...] (b) proposizioni o assiomi primitivi non

dimostrati […] (c) regole di inferenza (modus ponens) […]. Si può dimostrare che, se abbiamo a disposizione nel metalinguaggio il concetto di deducibilità valgono le seguenti asserzioni: (a') non occorre prendere come primitivi i connettivi […] o un quantificatore […] (b') non occorre assumere nessun assioma primitivo non dimostrato [...]. Si può ottenere l'intera struttura formale della logica dalla definizione dell'inferenza nel metalinguaggio (pp. 561-562, [3]).

In realtà il programma di Popper si rivelò meno rivoluzionario di quello che egli aveva annunciato all'inizio dell'articolo. Come si evince dal brano riportato, Popper si limitò a fare una distinzione tra linguaggio oggetto della teoria (senza assiomi) e metalinguaggio in cui definire un unico assioma sulla deducibilità.

Comunque, entrambe le opere citate contengono importanti indicazioni su una possibile organizzazione della logica alternativa a quella classica dominante. Fino agli anni sessanta però scorrendo gli articoli di Popper non si trova molto altro sulle logiche non classiche, a parte il suo interesse per il calcolo della probabilità, che lo portò a studiare anche logiche a più valori di verità (tra cui Popper includeva erroneamente anche la Logica Intuizionista[3]). Attraverso lo studio della probabilità, Popper si avvicina anche alla Meccanica Quantistica, sulla cui interpretazione probabilistica era in atto una lunga querelle, ormai decennale, sorta dopo l'interpretazione di Copenhagen della funzione d'onda come ampiezza di probabilità. Per evitare i paradossi legati all'interpretazione della teoria, nel 1936 Birkhoff e von Neumann [4] avevano suggerito un nuovo tipo di logica non classica, nota come Logica Quantistica. Proprio in un articolo del 1968 [5] sulla logica quantistica troviamo l'apertura più esplicita di Popper a una logica non classica. Popper sosteneva che (p. 685, [5])

il tipo di cambiamento nella Logica Classica che potrebbe realizzare ciò che Birkhoff e von Neumann [4] suggeriscono [con la loro Logica Quantistica] è il rifiuto del terzo escluso, così come proposto da Brouwer, ma da loro rifiutato.

Egli ammetteva in questo modo che la logica intuizionista fosse in grado di spiegare la logica non classica di una teoria fisica come la meccanica quantistica. È evidente che questa posizione è nettamente contraria a quella che egli assunse solo due anni dopo (e che ho ricordato all'inizio del paragrafo).

La conclusione che si può trarre da una analisi di tipo storico, dunque, è che Popper cambiò spesso idea sul ruolo delle logiche non classiche in una teoria scientifica. Tra le logiche non classiche dedicò però molta attenzione alla Logica Intuizionista, ritenendola adatta alla meccanica quantistica.

4b. La dimostrazione formale di Tennant

Il possibile ruolo della logica intuizionista all'interno della logica della scoperta scientifica, non solo per la meccanica quantistica ma per una teoria scientifica in generale, ha avuto una conferma da uno scritto [6] di Tennant del 1985. In questo

[3] Popper intendeva erroneamente il caso in cui la verità o la falsità di una proposizione non si riesce a decidere come un terzo valore di verità; in realtà, lo stesso Brouwer, padre della logica intuizionista, ha inteso questo caso semplicemente come un non-valore.

articolo, l'autore dimostrava che la logica intuizionista poteva esprimere lo schema popperiano.

Tennant chiama «schema P» lo schema logico della falsificabilità, e lo formalizza mediante i seguenti tre momenti:

Ipotesi e condizioni al contorno: lo scienziato formula delle ipotesi che, assieme a delle condizioni al contorno, permettono di fare delle previsioni.

Predizioni e risultati sperimentali: le previsioni teoriche vengono confrontate con i dati sperimentali.

Contraddizione: se i dati sperimentali contraddicono la previsione teorica, l'ipotesi iniziale risulta falsificata.

Da un punto di vista logico, per applicare lo «schema P» basta una logica in grado di esprimere la contraddittorietà di due proposizioni. A tale scopo è adatta la logica intuizionista (logica classica senza la legge del terzo escluso).

Riporto la procedura usata da Tennant per dimostrare questo Teorema, rimandando all'articolo [6] per la dimostrazione completa.

Sia Π_c una dimostrazione classica in cui Δ (assunzione) è la prima proposizione e φ (conclusione) è l'ultima proposizione. Tennant dimostra che:

$$[\cup\ \Pi_c\colon \Delta\to\varphi] \Rightarrow [\exists\ \Pi_I\colon \Delta\to\neg\neg\varphi]\ \Lambda\ [\forall\ \Pi_c\colon \Delta\to\Lambda] \Rightarrow [\exists\ \Pi_I\colon \Delta\to\Lambda]$$

dove Π_I è una dimostrazione valida nella logica intuizionista, e Λ corrisponde all'assurdo.

Tennant si spinge però oltre in questo indebolimento della logica classica, dimostrando nel seguente Teorema M che anche la logica minimale (logica intuizionista senza la legge dell'assurdo) è adatta allo schema popperiano:

THEOREM M: every classically inconsistent set of first order sentences in $\neg$, $\vee$, $\wedge$, $\exists$, is minimally inconsistent (p. 327, [6]).

In questo teorema però c'è una limitazione che Tennant non sottolinea abbastanza: per usare la Logica Minimale occorre escludere dalle proposizioni della teoria scientifica il connettivo «implica» come primitivo.

Scrive infatti Tennant:

THEOREM M: provided that we avoid using $\to$ in the regimentation of sentences of our scientific theories (ivi, p. 328).

Tennant riesce a fare a meno dell'implicazione solo perché nel suo «schema P» omette di formalizzare i passaggi tra i tre momenti che ha individuato. Per formalizzare questi passaggi occorre il *modus tollens*, che come ho mostrato in precedenza è basato tutto sul connettivo implica. Rinunciare all'implicazione significherebbe perdere una parte importante e fortemente caratterizzante dello schema popperiano. Per questo motivo occorre individuare un limite inferiore all'indebolimento della logica classica e questo limite è proprio la logica intuizionista.

In questo modo si chiarisce meglio anche il significato di «logica della scoperta scientifica». Infatti, interpretando questa logica come la logica intuizionista, la si intende come la logica della teoria prima del suo sviluppo deduttivo matematico, in cui vale invece la logica classica. La logica intuizionista allora è la logica della teoria in costruzione, cioè della teoria organizzata in maniera non ancora assiomatica, ma volta a risolvere singoli problemi derivanti da un problema principale che ha generato la teoria. Si pensi al problema della divisibilità della materia per la chimica di Lavoisier [7], al problema del moto perpetuo per la termodinamica di S. Carnot [8], prima dell'assiomatizzazione (con la logica classica) di Kelvin e Clausius, o al problema della misura di variabili coniugate nella meccanica delle matrici di Heisenberg [9], prima dell'assiomatizzazione di Schroedinger-Dirac.

Conclusioni

L'analisi degli scritti di Popper sulla logica di una teoria scientifica ha mostrato che la formalizzazione delle leggi fisiche nella forma di proposizioni di non-esistenza, sostenuta da Popper con l'ausilio della sola logica classica, è insufficiente a giustificare il concetto di falsificabilità e l'asimmetria tra falsificabilità e verificabilità. Seguendo alcune intuizioni sparse di Popper, ho mostrato che, tra le possibili logiche non classiche, la logica intuizionista è in grado di descrivere la logica della scoperta scientifica, che si configura come la logica di una teoria in costruzione, prima del suo sviluppo deduttivo con la logica classica.

Bibliografia

[1.] Popper K.R., *La Logica della Scoperta Scientifica*, Einaudi, Torino 1995 (edizione originale, *Logik Der Forschung* Springer, Vienna 1934; prima edizione inglese, *The Logic of Scientific Discovery*, Hutchinson, London 1959).

[2.] Popper K.R., *A realist view of logic, physics and history*, in A.D. Breck e W. Yoirgrau (a cura di), *Physics, Logic and History*, Plenum Press, New York 1970, pp. 1-30.

[3.] Popper K.R., *Functional Logic without Axioms or Primitive Rules of Inference*, in «Indagationes Mathematicae», 9, 1947, pp. 561-571.

[4.] Birkhoff G. e von Neumann J., *The Logic of Quantum Mechanics*, in «Annals of Mathematics», 37, 1936, pp. 823-843.

[5.] Popper K.R., *Birkhoff and von Neumann's interpretation of Quantum Mechanics*, in «Nature», vol. 219, 1968, pp. 682-685.

[6.] Tennant N., *Minimal Logic is adequate for Popperian Science*, in «BJPS», 36, 1985, pp. 325-329.

[7.] Drago A. e Venezia A., *A new viewpoint on the Foundations of Quantum Logic*, in C. Mataix e A. Rivadulla (a cura di), *International Congress «100 years of quantum Theory»*, Madrid, November 2000, Fisica Cuantica y realidad - Quantum Physics and reality, Editorial Complutense, Madrid 2002, pp. 249-266.

[8.] Drago A., *Le due opzioni*, La Meridiana, Molfetta 1991.

[9.] Drago A. e Venezia A., *La «Memoire»(1784) di Lavoisier-Laplace e le due ipotesi sulla natura del calore*, in P. Mirone (a cura di), *Atti IX Convegno di Storia e Fondamenti della Chimica*, Modena, ottobre 2001, vol. 119 dei Rendiconti dell'Accademia delle Scienze detta dei XL serie V, vol. XXV, P. II, tomo II, Roma 2001, pp. 117-131.