

Il ruolo della tesi Duhem - Quine nel confronto fra positivismo logico e empirismo logico

Andrea Magni (matr. 674863)
andreamagni82@gmail.com

TEMI FILOSOFICI DELL'INGEGNERIA E DELLA SCIENZA
dott.ssa Viola Schiaffonati, Politecnico di Milano

27 giugno 2006

Sommario

Durante il Novecento la filosofia della scienza si è trovata ad affrontare alcuni grandi problemi come quelli della necessità della conferma delle teorie e della debolezza dell'induzione come procedimento logico. Diversi approcci a questi problemi hanno popolato lo scenario scientifico-filosofico degli ultimi decenni e in particolare due correnti di pensiero, per alcuni versi fortemente interrelate, si sono distinte: il positivismo logico e l'empirismo logico. L'oggetto di questo approfondimento vuole evidenziare il ruolo delle critiche mosse a questi due movimenti da Willard Van Orman Quine nell'articolo *I due dogmi dell'empirismo* (Quine, 1951).

Dopo aver fornito alcuni cenni sul positivismo logico e sulle basi culturali (la tesi di Duhem) da cui il filosofo americano si muove, passeremo ad esporre la posizione (nota come tesi Duhem-Quine) e mostreremo alcuni esempi, tratti dalla bibliografia, al fine di mostrarne gli ambiti di critica ed applicazione delle sue conclusioni. L'importanza e la trasversalità della critica mossa sono tali da rendere la tesi applicabile ad alcune fondamenta del pensiero filosofico-scientifico dell'era moderna ed essa rimane peraltro di estrema attualità.

1 L'empirismo e il positivismo logico

Nei primi decenni del Novecento, la filosofia della scienza si è concentrata su un argomento che occupa tutt'ora un posto fondamentale in diversi ambiti: il **problema della conferma**. Ogni teoria scientifica, per essere ritenuta valida e credibile, necessita di essere confermata in qualche modo e, nell'ottica di una interpretazione empirista, questo significa poter portare delle osservazioni a supporto della teoria. Il nocciolo del problema risiede proprio nel chiedersi che caratteristiche dovrebbe avere un insieme di osservazioni per poter essere considerato una conferma per una data teoria.

A questo riguardo, risultano interessanti due grandi forme di empirismo quali:

1. **il positivismo logico**, primo cronologicamente e più radicale nelle posizioni. Si colloca storicamente negli anni successivi alla Prima Guerra Mondiale e prende forma nel Circolo di Vienna. I nomi più significativi che vi compaiono sono quelli di Moritz Schlick, Otto Neurath e Rudolf Carnap.
2. **l'empirismo logico**, per certi versi evoluzione del primo e più mite nelle posizioni, si posiziona temporalmente dopo la Seconda Guerra Mondiale e si sposta negli Stati Uniti d'America. Capace di accogliere e metabolizzare alcune delle obiezioni mosse al positivismo logico, è guidato dai superstiti del Circolo di Vienna, come Carnap, e da altri studiosi, fra cui ad esempio Hempel.

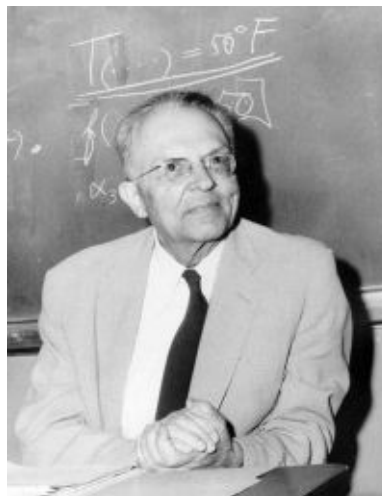


Figura 1: Rudolf Carnap [1891-1970]

1.1 L'attenzione al linguaggio

Nel 1921 Ludwig Wittgenstein (1889 - 1951) pubblica il suo *Tractatus logico-philosophicus*. Questo testo introduce un innovativo (nel contesto filosofico) sistema assiomatico-deduttivo e diviene presto fonte di discussione per il Circolo di Vienna. L'idea è quella di adottare un linguaggio rigoroso e non ambiguo che ne permetta una corretta analisi. Uno dei punti cardinali del testo è la distinzione che viene posta fra i tipi di proposizioni; il Circolo di Vienna, riprendendo gli spunti di Wittgenstein, ne individua due categorie:

- **le proposizioni analitiche** sono quelle il cui valore di verità dipende solo ed unicamente dalla loro forma (es. “Tutti gli scapoli non sono sposati”).
- **le proposizioni sintetiche** sono quelle il cui valore di verità dipende dalla loro forma ma anche dallo stato del mondo (es. “Tutti gli scapoli sono calvi”).



Figura 2: Ludwig Wittgenstein [1889-1951]

1.2 Il problema della verificabilità

Il criterio di demarcazione, fra ciò che deve e non deve essere considerato di carattere scientifico e fra ciò che ha o meno significato, scelto dai positivisti logici è il cosiddetto **principio di verificabilità**:

Il significato di una proposizione consiste nel metodo della sua verifica.

Una proposizione può avere o non avere significato a seconda che quanto essa esprime sia o meno osservabile o testabile (ovvero possa trovare riscontro nell'esperienza). Questo nuovo approccio elimina tutte le proposizioni, tipiche della filosofia tradizionale, che fanno uso di termini classici ma privi di significato (es. “Il nulla nulleggia”).

Il problema di tale approccio consiste nella scelta della modalità con cui effettuare la verifica delle proposizioni. Se, da buoni empiristi, la nostra unica fonte di conoscenza è l'esperienza, due sono le alternative possibili:

- considerare solo le proposizioni che hanno un significato strettamente fattuale (cioè che riguardano il mondo)
- tradurre tutte le frasi in una scomposizione di proposizioni atomiche che devono contenere solo le *sensazioni* e le *relazioni fra sensazioni*.

Ben presto però fu necessario fare i conti col fatto che buona parte della filosofia tradizionale non trattava di questioni verificabili con questi criteri. Inoltre, riducendo la filosofia ad una forma di analisi logica del linguaggio (eliminandone le ambiguità) si finì anche con l'essere incapaci di trattare con buona parte della scienza, in quanto si presentano in essa

molti casi dove non è possibile applicare una scomposizione o dove non è possibile trovare una corrispondenza diretta con la realtà.

In questa nuova concezione la logica venne ad essere lo strumento principale della filosofia e si cercò di ricondurre ogni ragionamento al procedimento classico più certo e solido che si avesse a disposizione: la **logica deduttiva**. L'operazione chiaramente non poteva riuscire, visto che in moltissime situazioni si fa ricorso a procedimenti logici differenti dalla deduzione come l'induzione, assai ben più problematici.

Il tentativo dei positivisti logici fu quello di **tentare di fondare una nuova logica induttiva** che fosse rigorosa e certa tanto quanto quella deduttiva, ma presto fu chiaro che si trattava di un compito irto di difficoltà. Il processo di ricerca delle ragioni per cui sappiamo porre una giustificazione suffragandola con una serie di osservazioni si rivelò fin da subito problematico e, nonostante la presenza tentativi quasi promettenti come quello di stampo probabilistico di Carnap, non si riuscì a trovare una soluzione che fosse considerata soddisfacente da più di qualche singolo esponente (come ad esempio nel caso di Hempel e la sua proposta, accettata da pochi).

2 La tesi Duhem/Quine

Una delle critiche più forti all'ossatura stessa del positivismo logico, e cioè al principio di verificabilità e al suo impiego come criterio di demarcazione fra l'ambito scientifico e quello non scientifico, venne mossa dal filosofo americano Willard Van Orman Quine [1908 - 2001] che scrisse un articolo intitolato *I due dogmi dell'empirismo* (Quine, 1951). Lo studioso, riprendendo alcune tesi del fisico e filosofo francese Pierre Duhem [1861 - 1916], espose la sua posizione, collocata in un orientamento che prende il nome di Olismo¹. Nei prossimi paragrafi illustrerò la base critica fornita dal francese e le estensioni compiute da Quine. Il risultato di queste estensioni viene comunemente definito come la **tesi Duhem/Quine**:

Un'ipotesi **non può mai essere testata singolarmente** senza prendere in considerazione la teoria di cui fa parte. In altre parole, essendo ogni elemento di un sistema teorico scientifico strettamente connesso con gli altri elementi, non è possibile estrarlo dal sistema e testarlo indipendentemente da tutto il resto.

2.1 La critica all'induzione di Duhem

Duhem, che era principalmente un fisico, fu uno dei critici del cosiddetto induttivismo newtoniano. Newton, sostenendo nei *Principia* di aver "dedotto dai fenomeni" la sua legge di gravità, aveva aperto la strada ad una sua interpretazione induttivista ma secondo il francese non era possibile che Newton avesse ricavato per induzione o generalizzazione dalle leggi di Galileo e Keplero il principio di gravitazione universale. L'argomentazione si trova in "La théorie physique: son object et sa structure" (Duhem, 1904-1905) e si incentra sul fatto che la conclusione di Newton non solo risulta più generale dei due enunciati di Keplero e Galileo ma, in alcune parti, addirittura li contraddice. Anche altri esponenti (come Mach e Poincaré) avevano posto obiezione alla spiegazione induttivista della legge newtoniana ma Duhem si differenzia per la motivazione che porta a sostegno della sua

¹Olismo, dal greco *olos* (tutto, intero). L'olismo è la teoria secondo cui l'intero è un tutto superiore rispetto alla somma delle sue parti. L'intero riveste quindi un significato diverso o superiore rispetto a quello delle singole parti prese autonomamente.

critica.



Figura 3: Pierre Duhem [1861 - 1916]

Come scrive chiaramente lo studioso in (Duhem, 1904-1905):

[II] fisico non può mai sottoporre al controllo dell'esperienza un'ipotesi isolata, ma soltanto tutto un insieme di ipotesi.

La critica di Duhem sta nel negare che si possa prendere in considerazione il singolo principio di gravitazione universale come modifica o revisione dei principi di Keplero o Galileo: bisogna considerare i due sistemi fisici nel loro insieme per poterli confrontare fra loro. Solo così si può giungere ad una eventuale conclusione su quale dei due sia più adatto a spiegare le osservazioni raccolte. L'idea quindi è quella di considerare le teorie come elementi che si sono composti da tante singole ipotesi ma che devono essere maneggiati nella loro interezza, senza operare estrapolazioni che ne falserebbero il significato e la consistenza. In un altro passaggio, sempre in (Duhem, 1904-1905), emerge chiaramente la componente olistica della concezione duhemiana della fisica:

La fisica non è una macchina che si lascia smontare, non si può verificare ogni pezzo isolatamente e attendere, per ripararlo, che la solidità ne sia stata minuziosamente controllata. La scienza fisica è un sistema che bisogna prendere nella sua interezza, è un organismo di cui non si può far funzionare una parte senza che quelle più lontane entrino in gioco le une di più, le altre di meno, ma tutte in qualche misura.

In particolare, suggerisce anche altri due punti fondamentali:

- posto che non siamo in grado di verificare (testare) una singola ipotesi, nel caso un esperimento (o una verifica o previsione) su un certo insieme di ipotesi fallisca, non siamo in grado di dire **quale** delle ipotesi coinvolte debba essere modificata. Sappiamo solo che almeno una delle ipotesi deve essere rivista ma non ci vengono date informazioni nè su quale nè su come essa debba essere cambiata. Questo argomento è da considerarsi come un netto rifiuto dell'uguaglianza fra la pratica (consueta ad esempio in Matematica) della *riduzione all'assurdo* e la *contraddizione sperimentale*;

- quando l'esperienza pone in contraddizione le conseguenze di una teoria, dobbiamo modificare la teoria, anche se non abbiamo un'indicazione su quale parte della teoria dovremo modificare. Duhem vuole cioè sostenere l'importanza del "buon accordo con l'esperienza" che ogni teoria deve avere. Posto che il fisico-filosofo identifica le *leggi sperimentali* (nel loro insieme) con la *teoria*, nel caso che fossimo in presenza di più teorie che soddisfino le "esigenze dell'esperienza", egli indica nel "buon senso" lo strumento per compiere una scelta; in questo modo, ben considerando la non rigidità ed univocità del buon senso, si spiegano anche le posizioni insanabilmente conflittuali che si sono presentate nel corso della storia della scienza. Quello che a noi interessa notare è la rinnovata necessità di considerare le teorie come un tutt'uno e non considerare le singole ipotesi come unità di verifica e confronto.

2.2 La visione olistica di Quine

Circa cinquanta anni dopo la critica di Duhem, Quine scrisse un articolo (Quine, 1951), diventato famoso, in cui si proponeva una teoria olistica della verificabilità che veniva estesa anche alla teoria del significato. In particolare Quine sostenne come non fosse possibile pensare di testare una singola ipotesi o frase in modo isolato: **si può solo testare un insieme articolato di proposizioni e assunzioni che sono fra loro intrecciate**. Ogni qualvolta si cerchi di testare una singola ipotesi, si finisce col fare delle assunzioni su molte altre cose (es. sulla precisione degli strumenti di misura, sulle circostanze dell'osservazione, ...). Come già Duhem aveva evidenziato, la conseguenza più significativa di tutto ciò è che, se un test fallisce (o ha un esito inatteso), non possiamo individuare **quale** elemento di questa catena di ipotesi sia responsabile del fallimento. Quine è particolarmente convin-



Figura 4: Willard Van Orman Quine [1908 - 2001]

cente sul fatto che in ogni caso, se vogliamo fare una predizione, abbiamo necessariamente bisogno di un insieme di condizioni fra loro interrelate e, in un simile contesto, un eventuale fallimento avrebbe sempre un certo numero di spiegazioni possibili. Fermo restando che la scienza sembra avere, in molte situazioni, una qualche forma di procedimento grazie al quale riesce ad indirizzarsi verso le effettive cause del fallimento di un test, darne una spiegazione filosofica risulta particolarmente complicato. L'accusa di Quine sostanzialmente è proprio questa: l'empirismo ha commesso l'errore di avere una visione troppo semplicistica della testabilità, base del positivismo logico. La proposta è quella di **sostituire il positivismo logico con una nuova versione olistica dell'empirismo**. La posizione

del filosofo americano traspare chiaramente quando critica il **dogma del riduzionismo** in (Quine, 1951) dove fa notare che:

[. . .] il dogma del riduzionismo ha continuato, in una forma meno ingenua e più attenta, a influenzare il pensiero degli empiristi. Permane la convinzione che a ciascun enunciato, o a ciascun enunciato sintetico, sia associata una e una sola sfera di possibili eventi sensoriali sì che la presenza di uno di questi aumenterebbe un'altra e un'altra sola sfera di possibili eventi sensoriali la cui presenza diminuirebbe quelle garanzie. Questa convinzione è naturalmente implicita nella teoria della verificazione. Il dogma del riduzionismo sopravvive nella convinzione che ciascun enunciato, preso di per sé e isolato, si possa confermare o infirmare.

La cosa che sembra più strana però è che i **positivisti logici avevano più volte citato il problema dell'olismo della testabilità** nei loro scritti (per esempio il problema compare nelle opere di Feigl, Carnap e Ayer) e quindi non ne erano assolutamente all'oscuro. In ogni caso molti filosofi concordano con Quine nel sostenere che il positivismo logico abbia compiuto un grosso errore riguardo alla testabilità. Probabilmente pur avendo colto il problema dell'olismo, non ne hanno considerato le implicazioni sul principio di verificabilità. Quest'ultimo infatti sembra lasciare spazio alla possibilità di testare proposizioni isolate e cioè che si possa ricondurre un sottoinsieme delle osservazioni derivate da un test ad ogni singola proposizione. Si tratta quindi di due posizioni ben diverse:

- per i positivisti, le osservazioni sono associate ad una ipotesi specifica considerata rispetto ad gruppo di altre assunzioni di fondo.
- per Quine, non è possibile distinguere fra l'ipotesi specifica e le altre assunzioni.

Oltretutto, il filosofo americano non restrinse il campo di applicazione delle teorie olistiche alla sola verificabilità ma le estese anche alla teoria del significato con conseguenze notevoli su molte idee positiviste. Nel medesimo articolo (Quine, 1951), affronta e critica anche il **secondo "dogma"** dell'empirismo: la distinzione fra le proposizioni analitiche e sintetiche. Prendiamo spunto da un brano estratto dall'articolo *I due dogmi dell'empirismo* (Quine, 1951):

[. . .] abbiamo detto che in generale la verità degli enunciati dipende ovviamente da fatti sia linguistici che extralinguistici; e abbiamo notato come ciò provochi, non da un punto di vista logico ma del tutto istintivamente, l'impressione che la verità di un enunciato sia in qualche modo analizzabile in una componente linguistica e in una componente fattuale. La componente fattuale deve, se siamo empiristi, ridursi a una gamma di esperienze di conferma. Nel caso limite in cui la componente linguistica è la sola che conti, un enunciato vero è analitico. Ma ormai siamo tutti convinti, spero, che non si possa assolutamente riuscire a tracciare una netta distinzione tra analitico e sintetico.[. . .] non ha alcun senso, e ha causato invece molte assurdità, parlare di una componente linguistica e di una componente fattuale nella verità di un qualsiasi singolo enunciato. Presa nel suo insieme, la scienza dipende dalla lingua e dalla esperienza ad un tempo; ma ciò non significa che si possa dire altrettanto di ciascun enunciato della scienza preso singolarmente.

Secondo Quine tale suddivisione non aveva alcuna giustificazione, anche se è bene notare come le posizioni cui il filosofo fa riferimento fossero già state abbandonate dai

positivisti logici. Carnap ad esempio aveva già abbracciato l'idea che le proposizioni analitiche potessero essere soggette ad un particolare tipo di revisione: se si cambia *completamente* l'infrastruttura logica e linguistica, cambiano anche le proprietà delle proposizioni di essere analitiche o sintetiche.

Carnap dunque si muoveva già su una posizione diversa, tuttavia la critica del filosofo americano è ben articolata e solida riguardo il fatto che una distinzione analitico-sintetica non può avere in sé alcun "senso scientifico": riprendendo anche in questo caso la concezione olistica, Quine sostiene che tutte le nostre idee e ipotesi formano una "rete di credenze" che possono mettersi in relazione con la realtà solo come un'unica entità ed è solo in quest'ottica che possiamo andare a cercare un riscontro empirico delle nostre conoscenze. Sempre da *I due dogmi dell'empirismo* (Quine, 1951):

[...] l'unità di misura della significanza empirica è tutta la scienza nella sua globalità

Una osservazione inattesa può indurci a fare delle modifiche a questa rete, anche alle sue parti che consideravamo analitiche e immuni dall'influenza delle osservazioni empiriche. L'immagine che usa Quine è quella di un campo di forza i cui punti limite solo le osservazioni empiriche. Quando una nuova osservazione cambia "le basi" di questa struttura, c'è un riassetto generale e anche quelle parti che abbiamo sempre considerato immutabili potrebbero non esserlo più. A supporto di questo Quine cita i dibattiti riguardanti la fisica quantistica:

[...] nessun enunciato è immune [...] da correzioni. Si è perfino proposto di modificare la legge logica del terzo escluso come mezzo per semplificare la meccanica quantistica; e che differenza c'è in linea di principio fra una modifica del genere e quella per cui Keplero ha preso il posto di Tolomeo, Einstein quello di Newton o Darwin quello di Aristotele?

3 L'empirismo logico

Dopo l'uccisione di Schlick per mano di uno studente fanatico, negli anni successivi alla Seconda Guerra Mondiale i membri del Circolo di Vienna trovarono rifugio in America. Carnap, Hempel, Reichenbach e Feigl lavorando presso differenti università negli USA, diedero vita ad una nuova impresa della filosofia della scienza. Se **l'obiettivo del positivismo logico era quello di demolire la filosofia tradizionale** quello dell'**empirismo logico è focalizzato su un'attenta analisi logica del linguaggio e della scienza**.

Sotto la pressione delle argomentazioni di Quine, la distinzione analitico-sintetica, anche se non venne abbandonata, venne messa in discussione e la teoria della verificabilità venne sostituita con una **teoria olistica empirista del significato**. Le teorie si profilavano come strutture astratte che legavano insieme molte ipotesi differenti e le strutture stesse erano connesse con la realtà osservabile ma solo se venivano considerate come un tutt'uno. I singoli pezzi delle teorie non erano in relazione a specifiche osservazioni: un termine teorico (es. "gene" o "elettrone") assumeva significato a seconda del posto occupato in una struttura più grande e delle connessioni con la realtà che questa struttura ha. Molti altri aspetti erano invece comuni al positivismo logico:

- la convinzione empirista per cui, per quanto ci possa essere spazio per proposizioni o ipotesi non strettamente legate alle leggi naturali o all'osservazione empirica, l'esperienza rimane comunque alla base di ogni conoscenza. [Quando Feigl, nel

1970, rappresentò graficamente la rete di ipotesi teoriche ed essa comunque era saldamente ancorata all'esperienza]

- la concezione della logica come strumento principe della filosofia della scienza; con lo sforzo compiuto per estirpare i metodi oscuri della filosofia tradizionale si diede molto spazio alla logica, fino ad arrivare ad Hempel che sostiene che l'unico modo per *spiegare* qualcosa è quello di procedere in un ragionamento di derivazione logica partendo da premesse che (da buona tradizione empirista) dovessero contenere un riferimento ad una legge naturale;
- la distinzione fra le parti legate all'osservazione e quelle teoriche viene preservata sebbene la concezione per cui il linguaggio può rendere conto delle sensazioni connesse all'osservazione viene scartata dall'empirismo logico;
- la suddivisione fra la logica della scienza e il lato storico-psicologico della scienza stessa.

Un altro argomento fondamentale (su cui però l'empirismo logico si arenò) da considerare nel confrontare i due movimenti è quello che riguardava il modo di spiegare e descrivere le osservazioni da parte dello scienziato.

Per il positivismo logico, lo scienziato che si trova ad ipotizzare e descrivere parti non osservabili della realtà responsabili di fenomeni che invece sono osservabili, sta cercando di descrivere il mondo osservabile in una maniera non diretta ma più astratta. **Il linguaggio scientifico acquista significato nella misura in cui si presta a spiegare le conoscenze che emergono dal corso dell'osservazione empirica.**

L'empirismo logico su questo argomento non trovò una posizione soddisfacente: in linea teorica e nella volontà dei suoi esponenti principali, **si sarebbe voluto adottare la stessa posizione del positivismo logico** ma, al tempo stesso, non si riuscì a difendere questa concezione dalle **obiezioni** più ovvie. Se Hempel in un suo articolo intitolato "The Theoretician's Dilemma" (Hempel, 1958), riusciva ad eliminare la necessità di considerare come reali gli oggetti "fittizi" cui il linguaggio faceva ricorso per spiegare fenomeni veramente reali, l'obiezione (semplice ed efficace, nota per altro allo stesso Hempel) restava quella che gli scienziati invece effettivamente facevano riferimento ad essi come oggetti **reali**, non li consideravano solo termini astratti. La teoria della filosofia del linguaggio degli empiristi logici non poteva conciliarsi con l'idea che le teorie scientifiche dovessero descrivere delle strutture reali ma non osservabili. Già l'antica filosofia greca, dai tempi di Platone, aveva introdotto il problema di una realtà "a due strati": uno osservabile e l'altro non osservabile, concezione però che si presentava carica di problemi molto difficili da risolvere. Ancora oggi la scienza sembra del tutto incline a procedere, soprattutto nell'ambito della ricerca, tenendo conto di parti delle teorie che sono veramente nascoste e non semplicemente "non ancora mostrate", magari per mancanza degli strumenti adeguati: questo è un procedimento insito nella *forma mentis* dello scienziato.

La paura di ricadere nella posizione problematica di Platone e del suo Demiurgo probabilmente spinse gli empiristi ad ancorarsi alla posizione più conservatrice che avevano a disposizione. In un articolo scritto da Carnap, Hahn e Neurath e che è considerato il manifesto del Circolo di Vienna, si legge:

In science there are no 'depths'; there is surface everywhere

Il forte compromesso di questa posizione consisteva nel dover rinunciare definitivamente a cercare di spiegare e descrivere la parte nascosta del mondo reale e limitandosi invece ad avere a che fare con la meno problematica attività di predizione circa i fenomeni della realtà osservabile. Altri movimenti, successivi, come il *realismo scientifico* proveranno a

risolvere il problema evitando di ricercare nella realtà degli strati ben definiti e orientandosi più verso l'idea di aver a che fare con una serie strutture (alcune delle quali più accessibili di altre) fra cui c'è una sorta di continuità.

3.1 Il problema dell'induzione

Sia il positivismo logico che l'empirismo logico si sono confrontati con il problema della conferma, cercando di giustificare perchè e in quali situazioni un determinato insieme di osservazioni possono essere considerate un "supporto" ad una determinata teoria. Un problema analogo si presenta quando si parla di induzione, là dove col termine "induzione" si intende quel procedimento mentale per cui, da una serie di riscontri passati, si accetta di ipotizzare che anche nel futuro troveremo riscontri analoghi.

Il problema fondamentale è insito nella necessità di fornire una giustificazione alla generalizzazione che si compie e, nella storia della filosofia, non sono mancate posizioni estreme come quella di D. Hume (1711-1776) che, profondamente scettico riguardo la possibilità di fare induzione, l'aveva etichettata come attività non razionale. Ricercare, nell'aver visto sorgere il sole oggi, una qualche indicazione sull'ipotesi che il sole sorgerà anche domani, non ha alcun senso secondo il filosofo scozzese. La posizione di Hume, forse un po' troppo estremista, deve farci riflettere su un punto fondamentale: quali relazioni sussistono (o pensiamo sussistere) fra le osservazioni e le teorie (o generalizzazioni)?

Attività che all'uomo vengono naturali e che sono presenti praticamente ovunque nel modo di operare non solo della scienza ma anche della vita di ogni giorno, come esplorare le connessioni di causa-effetto o cercare di fare delle predizioni sul futuro sulla scorta dell'esperienza passata, risultano in molti casi complesse da giustificare razionalmente. L'unica forma "certa" di procedimento logico è quella deduttiva ma resta il fatto che molte volte lo scienziato procede seguendo altre vie, forse meno certe, che comunque si sono rivelate efficaci nel portare credito ad una teoria. L'empirismo logico teneva in massima considerazione, come compito della scienza, l'attività di scoprire e stabilire delle generalizzazioni (ovviamente guidate dall'osservazione), cercando di formularne di nuove e poi di verificarle.

3.1.1 I diversi tipi di induzione

Spesso il termine "induzione" viene usato per far riferimento a svariate forme di procedimento logico, generalmente riducendo la classificazione su due soli termini: deduttivo e non deduttivo. Si possono però individuare diverse forme all'interno di questa macro-categoria:

- **induzione:** partendo dalle osservazioni particolari, si giunge ad una generalizzazione completa del fenomeno. Esempio tipico: l'osservazione di n cigni bianchi ci porta a concludere che "tutti i cigni siano bianchi". Ovviamente non ha in sé la certezza della conclusione ma comunque esplicita il rapporto di "supporto" che le osservazioni hanno per una certa spiegazione.
- **proiezione:** è una forma simile all'induzione ma invece di generalizzare completamente il fenomeno, ci si limita a cercare di predire il *prossimo caso* dopo aver osservato un certo numero di casi precedenti.
- **inference to the best explanation:** detta anche inferenza esplicativa, è usata in procedimenti di tipo abduttivo, ad esempio quando, cercando di spiegare un determinato fenomeno, esaminando degli elementi a disposizione si giunge a dare una

possibile spiegazione che sia la più plausibile. Esempio tipico: l'estinzione dei dinosauri e l'individuazione della sua possibile causa nella caduta di un meteorite.

Sia il positivismo logico che l'empirismo logico, individuarono nell'induzione la forma principe dei procedimenti non deduttivi convinti che, se fossero riusciti a spiegare quella, avrebbero risolto anche il problema più generale. Obiezioni vennero sollevate in seguito (Harman, 1965), riguardo al primato dell'induzione sull'inferenza esplicativa perchè nella scienza sembrano più diffusi gli esempi della seconda rispetto alla prima. In ogni caso non è detto che debba per forza esistere un primato fra le forme non deduttive di procedimento logico e spesso è possibile notare forme di dualità o complementarità fra le diverse posizioni.

3.2 Le risposte dell'empirismo logico

L'empirismo logico produsse due tentativi di soluzione al problema dell'induzione:

- formulare una logica induttiva il più possibile simile a quella deduttiva. (Hempel)
- ricorrere alla teoria matematica della probabilità (Carnap)

Le conclusioni del primo tentativo si rivelarono presto problematiche (come vedremo negli esempi proposti) e lasciarono molto insoddisfatti; anche le successive modifiche introdotte per continuare a percorrere questa via sembrarono accettabili solo ad Hempel e a pochi altri. L'approccio, forse più promettente, di Carnap, sicuramente più sofisticato, richiese anch'esso un numero sempre maggiore di assunzioni per poter giungere ai risultati sperati. Nonostante non sia mai stato provato come inefficace, questo tentativo è stato progressivamente abbandonato.

Il problema dell'induzione si è rivelato dunque molto ostico: spesso anche quelle convinzioni che ad una prima analisi sembravano semplici e naturali si sono mostrate molto complesse da sostenere se inserite in un contesto formale e più ampio come quello di una teoria della conferma o del significato. Osservando questi fallimenti sembra possibile fare un parallelo con la tesi Duhem-Quine e la sua propensione ad una visione olistica della scienza. C'è qualcosa di simile anche nel nostro modo di pensare o fare scienza? Siamo in grado di andare a spiegare un singolo procedimento mentale o questo perde di significato (o perdiamo forse la capacità di spiegarlo) se osservato da solo?

4 Problemi ed esempi

4.1 Il problema della traduzione

Tratto da (G. Boniolo, 2002), pp.271

Pensiamo ad un linguista che tenti di capire la lingua sconosciuta di una tribù studiando il comportamento linguistico dei nativi; poniamo che al passaggio di un coniglio uno di questi esclami "Gavagai!". Il nostro linguista annoterà l'enunciato "Coniglio" (o "Guarda un coniglio") come traduzione provvisoria, da sottoporre a ulteriori controlli, al termine dei quali potrà eventualmente ipotizzare che *gavagai* significhi *coniglio*. Ma ciò non dà alcuna garanzia che i due termini siano "coestensivi", ossia "veri delle stesse cose". Può darsi che il nativo si riferisca con quel termine non a un oggetto fisico che perdura nel tempo (coniglio), ma a meri stadi, segmenti temporali di quell'oggetto ("apparenze di coniglio") [...]

“Gavagai!” significherebbe non “(Guarda) un coniglio!”, ma “(Guarda) un’apparenza di coniglio!”. Né le cose cambiano se aumentiamo il numero di osservazioni.

Da questo esempio emerge ciò cui si è fatto riferimento a pagina 7 nel paragrafo 2.2: per Quine non è possibile isolare l’osservazione del nativo che pronuncia la parola “gavagai” al passaggio di un coniglio e dedurne il significato. Molti altri fattori concorrono alla formazione del significato di quell’osservazione e sono tutti intrecciati fra loro. Nulla ci indica se il nativo è più propenso a individuare con una parola il nome dell’animale o se adotta un qualche altro sistema di rappresentazione del concetto di coniglio, nulla possiamo dire sul fatto che egli abbia effettivamente voluto indicare il coniglio o per esempio un concetto diverso (magari interrelato in quella circostanza, come potrebbe essere il concetto di “preda” o “intruso”). Siamo portati a trasporre il nostro modo di pensare (carico delle nostre conoscenze e convinzioni) sul comportamento del nostro osservato (il nativo) ma non c’è alcuna giustificazione a tutto ciò. Non potremo mai sapere cosa intende il nativo se non entriamo nel suo contesto di pensiero e questo potrebbe voler dire cambiare completamente tutto il nostro sistema di conoscenze (si veda qui un evidente richiamo alla tesi di Duhem cui abbiamo fatto cenno a pagina 5 nel paragrafo 2.1).

L’esempio può sottintendere una qualche forma di relativismo per cui potremmo non essere in grado di uscire dalla nostra “isola di pensiero e di conoscenza”; a risposta di tale accusa Quine, fortemente convinto che non si possa comunque prescindere dall’empirismo (inteso nella sua versione non dogmatica), sostiene che attraverso una ricostruzione del processo mediante cui il linguaggio viene appreso, eseguita in modo scientifico (con gli strumenti messi a disposizione dalla psicologia e dalla psicolinguistica) è possibile far luce sul processo per cui dalle osservazioni e dagli stimoli sensoriali arriviamo a produrre il linguaggio e la teoria che esso sottende. Nonostante non sia per niente detto che si giunga ad una conclusione veritiera, Quine indica in questa strada l’unico tentativo che ci è concesso.

4.2 Quine e i postulati culturali

Tratto da (G. Boniolo, 2002), pp.278

Come empirista io continuo a considerare lo schema concettuale della scienza come un mezzo, in ultima analisi, per predire l’esperienza futura alla luce dell’esperienza passata. Gli oggetti fisici vengono concettualmente introdotti nella situazione come comodi intermediari - non definendoli in termini di esperienza, ma come semplici postulati non riducibili, paragonabili, da un punto di vista epistemologico, agli Dei di Omero. [...] sia l’uno [gli oggetti fisici] che l’altro [gli Dei di Omero] entrano nella nostra concezione come postulati culturali. Da un punto di vista epistemologico il mito degli oggetti fisici è superiore agli altri nel fatto che si è dimostrato più efficace come mezzo per elevare una semplice costruzione nel flusso dell’esperienza.

E non ci fermiamo a postulare soltanto gli oggetti fisici del mondo macroscopico. Si postulano degli oggetti anche a livello atomico per rendere più semplici e più comode le leggi degli oggetti macroscopici e, in definitiva, le leggi dell’esperienza [...]

La scienza è un prolungamento del senso comune e si serve dello stesso espediente del senso comune: amplia l’ontologia per semplificare la teoria.

Questo esempio è riportato come spunto riguardante la nostra riflessione sul problema del significato del linguaggio (pagina 9, paragrafo 3). La posizione di Quine sembra simile a quella dei positivisti logici in quanto sembra non aver bisogno di giustificare l'introduzione di concetti astratti o, come lui stesso li definisce, "postulati culturali" in quanto non vi è più il vincolo stringente (che invece il positivismo logico aveva) del criterio della verificabilità su ogni singolo elemento di una teoria. Quine sostanzialmente ci indica nella teoria (o nella scienza, se consideriamo un livello ancora più alto) l'unità di significato che è importante riscontrare nell'esperienza (la predizione dell'esperienza futura) mentre tutti i costrutti che ci servono per argomentare la teoria possono anche non avere un riscontro diretto con la realtà empirica.

4.3 Inferenza esplicativa e i dinosauri

Tradotto da (Godrey-Smith, 2003), pp. 42

[...] durante gli anni Ottanta Luis e Walter Alvarez avanzarono l'ipotesi che un grosso meteorite abbia impattato con la Terra circa 65 milioni di anni fa, in concomitanza con l'estinzione dei dinosauri, causando un'enorme esplosione e il cambiamento delle condizioni climatiche. Il team degli Alvarez sostenne che il meteorite causò l'estinzione, ma non è questo che ci interessa. Consideriamo invece la sola ipotesi che un meteorite abbia urtato la Terra 65 milioni di anni fa. Un elemento fondamentale di prova per questa ipotesi è la presenza di inusuali alti livelli di alcuni rari elementi chimici, come l'*iridium*, negli strati della crosta terrestre che sono databili a circa 65 milioni di anni fa. Questi elementi chimici sono abitualmente presenti in concentrazioni maggiori nei meteoriti piuttosto che sulla superficie terrestre. Quest'ultima osservazione tende ad essere considerata come una forte prova a favore della teoria degli Alvarez circa l'impatto di un meteorite sulla terra in quel periodo.

Questo è un chiaro esempio di inferenza esplicativa (o *inference to the best explanation*) in quanto si può notare come, nel procedimento con cui instauriamo una relazione di causalità fra l'impatto del meteorite e la presenza di alcuni minerali rari nella crosta terrestre, non vi sia alcuna forma di deduzione o di induzione (intesa sia nella forma "tradizionale" di generalizzazione a partire da n casi osservati sia nella forma di proiezione). Si faccia riferimento al paragrafo 3.1.1 a pagina 11 per una spiegazione sui diversi tipi di induzione.

4.4 Induzione tradizionale e la scoperta del DNA

Tradotto da (Godrey-Smith, 2003), pp. 43

Durante il programma di ricerca che portò alla scoperta della struttura del DNA per opera di James Watson e Francis Crick, un elemento fondamentale di prova consisteva nelle "regole di Chargaff". Queste "regole", descritte da Erwin Chargaff nel 1947, avevano a che fare con le relazioni fra i quantitativi delle quattro "basi" (C, A, T, G) di cui è composto il DNA. Chargaff scoprì che nei campioni di DNA che aveva analizzato, la quantità di C e G erano sempre circa le stesse e così pure per le quantità di T e A. Questo fatto riguardante il DNA divenne importante nella discussione di come erano composte le molecole del DNA. Io l'ho definito un "fatto" anche se ovviamente Chargaff nel 1947 non aveva osservato tutte le molecole di DNA che

esistono e nemmeno noi, oggi, l'abbiamo fatto. Nel 1947 l'affermazione di Chargaff si fondavano su una induzione sopra un numero ristretto di casi (riguardanti solo 8 differenti tipi di organismi). Oggi possiamo sapere che il fondamento delle regole di Chargaff non è la pura induzione, bensì la natura stessa delle molecole di DNA rendono vere le sue regole. Ma è chiaro che, quando le regole furono scoperte, l'unica ragione per cui esse venivano usate per descrivere il DNA era di natura induttiva.

Da questo esempio possiamo trarre alcuni spunti:

- la scienza effettivamente procede a volte con procedimenti di tipo induttivo (con riferimento qui al primo tipo di induzione trattato nel paragrafo 3.1.1 a pagina 11);
- l'induzione non porta in sé la prova della sua validità, nell'esempio è ben evidente come la conclusione indotta ha conferma della sua validità in un ambito distinto dalle osservazioni, tanto che viene scoperta anni più tardi;
- questo è anche un esempio chiaro di come la scienza spesso proceda in un modo per cui tende a trattare come reali anche concetti e relazioni di cui si può solo supporre l'esistenza (con riferimento al paragrafo 3 a pagina 9)

4.5 Il problema dei corvi e della conferma

(L'esempio originale si trova in (Godfrey-Smith, 2003), pp. 46).

Il problema dei corvi è noto come esempio della tradizione empirista riguardo le teorie della conferma delle generalizzazioni a partire dall'osservazione delle loro istanze. Come può l'osservazione ripetuta di corvi neri confermare la generalizzazione che tutti i corvi siano neri?

1. *Osservo un grande numero di corvi neri e nessun corvo non-nero.*

Per ogni corvo che osservo essere nero, sto eliminando una possibilità per cui l'ipotesi può essere smentita. Simmetricamente, ad ogni osservazione di un corvo nero l'ipotesi acquista un po' più di credibilità.

Problemi:

- Come faccio a procedere in questo modo nei casi in cui gli elementi da osservare sono in numero infinito?
- Durante il processo di osservazione non guadagno alcuna informazione utile, solo alla fine potrò dire se la mia ipotesi è confermata o meno. Se osservo **tutti** i corvi del mondo e **sono tutti neri** allora la mia ipotesi è vera ma, all'osservazione n-esima, non potrò dire nulla riguardo al prossimo corvo che vedrò. In altre parole non posso fare *proiezione* (cfr. paragrafo 3.1.1 a pagina 11).

2. *Hempel: Tutti gli F sono G*

Secondo Hempel, tutte le osservazioni di corvi neri confermano la generalizzazione "tutti i corvi sono neri" ed egli propone una ulteriore generalizzazione: ogni osservazione di un qualcosa F che sia anche G è una conferma per la generalizzazione "**tutti gli F sono G**". Consideriamo ora anche un altro principio per cui **tutte le prove che conferma-**

no una ipotesi H confermano anche ogni ipotesi che è logicamente equivalente² ad H.

Problemi:

- “Tutti i corvi sono neri” risulta logicamente equivalente a “Tutte le cose non-neri non sono corvi”. Consideriamo ora l’osservazione di una scarpa bianca: la scarpa è non-nera e non è un corvo, quindi è una prova per la generalizzazione “Tutte le cose non-neri non sono corvi”. Fin qui tutto bene ma, risulta (per via dell’equivalenza logica che abbiamo stabilito prima) anche una conferma all’ipotesi per cui “Tutti i corvi sono neri”, il che è quantomeno ridicolo: potremmo fare dell’ornitologia senza uscire di casa (obiezione di Goodman, 1955).

Hempel era conscio del problema, fu anzi lui ad individuarlo per primo. La sua soluzione consistette nell’accettarne la conclusione: osservare una scarpa bianca *confermerebbe* l’ipotesi “tutti i corvi sono neri”, anche se presumibilmente solo in lieve misura. Ma questo sembra essere solo il primo dei problemi: ad esempio l’osservazione di una scarpa bianca confermerebbe anche “tutti i corvi sono verdi” o “tutti i corvi sono blu”. Se per Hempel questo non era da considerarsi un problema, per molti altri era ed è inaccettabile.

3. *I. J. Good (1967): dipende dagli altri fattori.*

Secondo Good, l’osservazione di una scarpa bianca può o meno essere una conferma per la nostra ipotesi **a seconda di altri fattori**. Supponiamo infatti che le alternative siano solo due:

- tutti i corvi sono neri e i corvi sono animali estremamente rari
- la maggioranza dei corvi è nera, pochi sono bianchi e i corvi sono animali molto comuni

L’osservazione di un corvo nero conferma la seconda ipotesi, un’ipotesi che sostiene che non tutti i corvi siano neri. Se tutti fossero neri, non avremmo dovuto vedere un corvo.

Allo stesso modo, osservare una scarpa bianca può confermare o meno una data ipotesi **a seconda delle altre cose che sappiamo** sulle scarpe o sull’ipotesi.

Sembra chiaro qui il riferimento all’*Olismo* e in particolare all’*olismo* legato al problema della verifica (si vedano i paragrafi 2.1 a pagina 5 e 2.2 a pagina 7). Ovviamente gli esempi scelti dagli empiristi logici erano troppo semplicistici: nessun biologo si metterebbe mai a tentare di scrivere una teoria sul colore dei corvi sulla base delle sole osservazioni. Le nostre conoscenze di genetica ci suggeriscono che non importa quanti corvi neri possiamo vedere: ci saranno sempre casi di albinismo o di mutazione.

4. *L’ordine delle conoscenze*

Un’altro approccio, sulla scia di quello di Good, è quello che suggerisce di considerare l’**ordine** in cui ci si presentano le osservazioni.

²L’equivalenza logica si può definire come la relazione che lega due frasi che esprimono la stessa cosa in termini diversi. In sostanza è impossibile per due proposizioni H e H^* , logicamente equivalenti, di essere l’una falsa e l’altra vera (o viceversa) nel medesimo istante.

Supponiamo di fare l'ipotesi "tutti i corvi sono neri" e qualcuno vi chieda "Ho un corvo dietro la mia schiena, vuoi vedere di che colore è?". Ha perfettamente senso rispondere "Sì" perchè se il corvo che ci viene mostrato è non è nero possiamo concludere che la nostra ipotesi cade. Se invece la persona ci chiede "Ho un oggetto nero dietro la mia schiena, vuoi vedere se è un corvo?", non ha più importanza per noi sapere cos'ha dietro la sua schiena: se è un corvo è nero (ma non basta questo a confermare la teoria) e se non è un corvo non ci interessa. Noi pensiamo "tutti i corvi sono neri", non ci interessa provare che "tutte le cose nere sono corvi". Se in entrambi i casi l'oggetto che la persona ha dietro la schiena è un corvo, nel primo caso l'osservazione ha rilevanza per la nostra teoria mentre nel secondo non ne ha alcuna.

Se la persona invece ci pone una domanda del tipo "Ho un oggetto bianco dietro la schiena, vuoi vedere cos'è?" la nostra risposta dovrebbe essere "Sì" perchè se fosse un corvo di nuovo potremmo dire che la nostra ipotesi è falsa. Supponiamo che la persona ci mostri che l'oggetto bianco è una scarpa, noi continueremo a dare credito alla nostra ipotesi ma se un'altra persona ci chiedesse "Ho una scarpa bianca dietro la mia schiena, la vuoi vedere?", a noi non interesserebbe. Sembra quindi che nel primo caso si abbia una conferma (anche se piccola) della nostra ipotesi, mentre nel secondo non ne abbiamo alcuna.

Quindi forse alcune osservazioni di scarpe bianche **confermano** l'ipotesi "tutti i corvi sono neri" mentre alcune osservazioni di corvi neri **non confermano** la stessa ipotesi. La chiave potrebbe essere nella **genuità del test**, ovvero dal fatto che il test sia o non sia strutturato in un modo tale da consentire l'eventuale disconferma o conferma dell'ipotesi.

Ancora una volta riaffiora la componente critica olistica agli empiristi: Hempel era convinto di poter formulare un'analisi della sola relazione "conferma" che intercorre fra un'ipotesi e un'osservazione, senza considerare le altre informazioni che potremmo avere a disposizione. La critica mossa è che tale semplice relazione non esiste: non si può rispondere alla domanda riguardo la validità (come conferma) di un'osservazione senza sapere come l'osservazione stessa è stata compiuta e senza fare altre assunzioni. (Diverso è il caso della disconferma di ipotesi: la sola osservazione di un corvo bianco basta a refutare l'ipotesi "tutti i corvi sono neri".)

Resta aperto il problema di capire **perchè** l'ordine delle osservazioni è rilevante. Cosa succede se le osservazioni sono simultanee? Sembra imprescindibile considerare anche le procedure con cui vengono generati i dati.

5 Conclusioni

La tesi Duhem-Quine si presta ad essere riconsiderata rispetto alla maggior parte degli argomenti che abbiamo trattato. Spero di essere riuscito a far emergere quel filo (non poi così esile) che unisce, a livelli diversi, la critica alle posizioni più tradizionaliste del positivismo logico con quelle posizioni dell'analisi all'induzione che evidentemente fanno la stessa forte richiesta di una visione olistica che il fisico-filosofo francese prima e filosofo americano poi, mossero alla corrente empirista.

La critica all'induzione duhemiana e quella ai due dogmi dell'empirismo di Quine infatti hanno un nocciolo comune che si può individuare sostanzialmente nella concezione olistica della scienza. La difficoltà di cercare un criterio di suddivisione tale da mantenere nella sua unità elementare anche un'unità di significato e di verificabilità empirica si pone al centro di tutta la riflessione di Quine. L'invito dello studioso è quello di abbandonare posizioni tradizionaliste, a tratti semplicistiche o indifendibili, per rifiutare completamente ogni forma di compromesso: non serve a nulla avere una teoria di verifica che "sulla carta" funziona ma che non trova poi possibilità di applicazione nella realtà, non è pensabile cercare di avere una distinzione sintetico-analitica quando questa, per la sua stessa natura, è soggetta a continue variazioni o cambiamenti di fronte.

Quine sembra chiedere un passo in avanti al movimento empirista, una svolta che farebbe guadagnare alla filosofia della scienza e alla scienza stessa quella imprescindibile componente che è racchiusa non tanto negli enunciati e nei procedimenti logici ma nell'interconnessione fra essi. Le relazioni che legano i concetti, gli oggetti, le ipotesi che formuliamo al loro riguardo, le teorie e i sistemi in cui esse sono contenute, l'effettivo riscontro empirico e i procedimenti con cui poniamo queste stesse relazioni sembrano essere la chiave di volta del sistema della conoscenza e del progresso scientifico. Non siamo di fronte ad una nuova proposta teorica ma piuttosto ad un'indicazione di uno "shift culturale" la cui necessità sembra già essere emersa altre volte nel corso della storia.

La parte più affascinante di questi argomenti è il chiaroscuro in cui si muovono e in cui cercano di fare luce: come ci rappresentiamo la conoscenza? Noi trattiamo di parole, frasi, ipotesi, teorie e procedimenti logici ma in realtà cosa sono? Se la struttura che diamo alla conoscenza attraverso il linguaggio non è adeguata ad essere anche portatrice del significato in essa insito e delle dinamiche che la caratterizzano, fino a dove dobbiamo modificarla?

Il terreno su cui si svolge la ricerca scientifica e la gestione della conoscenza sembra pieno di difficoltà, eppure siamo convinti di aver fatto enormi progressi nel corso dei secoli. Riusciremo mai a formalizzare e spiegare i meccanismi con cui costruiamo la nostra conoscenza? Forse Quine ci risponderebbe che, vista l'inadeguatezza dei nostri risultati attuali, dovremmo provare a cambiare qualcosa nelle nostre teorie. Cosa, olisticamente, non è dato sapere.

Bibliografia

Duhem, P. 1904-1905. *La théorie physique: son object et sa structure*.

G. Boniolo, M. Dalla Chiara, G. Giorello C. Sinigaglia S. Tagliagambe. 2002. *Filosofia della scienza*. Raffaello Cortina Editore, Milano.

Godfrey-Smith, P. 2003. *Theory and Reality*. The University of Chicago Press.

Harman, G. 1965. *The inference to the best explanation*.

Hempel, Carl Gustav. 1958. *The theoretician's dilemma. A study in the logic of theory construction*.

Quine, W. Van Orman. 1951. *I due dogmi dell'empirismo*.

Indice

1	L'empirismo e il positivismo logico	3
1.1	L'attenzione al linguaggio	3
1.2	Il problema della verificabilità	4
2	La tesi Duhem/Quine	5
2.1	La critica all'induzione di Duhem	5
2.2	La visione olistica di Quine	7
3	L'empirismo logico	9
3.1	Il problema dell'induzione	11
3.1.1	I diversi tipi di induzione	11
3.2	Le risposte dell'empirismo logico	12
4	Problemi ed esempi	12
4.1	Il problema della traduzione	12
4.2	Quine e i postulati culturali	13
4.3	Inferenza esplicativa e i dinosauri	14
4.4	Induzione tradizionale e la scoperta del DNA	14
4.5	Il problema dei corvi e della conferma	15
5	Conclusioni	18
	Bibliografia	19