



Anno di fondazione 1824

Osservazioni marginali sul pensiero di Hume, Popper e Kuhn[†]

Giorgio Montaudou [1]*

[1] Professore emerito Università di Catania, Socio emerito dell'Accademia Gioenia

Summary

When Popper states that a scientific theory may only be falsified, never verified, he appears to come in support of the Hume opinion on the impossibility of generalizing single observations, thus negating the possibility of predictions. However, the ideas of the two philosophers are very different and need to be accurately interpreted. Hume, using the example of the white and black swam, exaggerates in minimizing the validity of observations. In his example, he uses a nonlinear system where variations both of the initial and contour conditions can occur (in fact, living systems are subject to mutations), and therefore does not allow for predictions. On the contrary, physical and chemical systems work by fixed laws (variations of initial and contour conditions do not occur). For these systems, a series of observations allows to make generalizations and legitimate predictions. Furthermore, Hume argument (nature uniformity cannot be guaranteed in a future time), stating that Universe fixed laws may be subject to unpredictable change, appears weak. In that case our Universe would cease existing, whereas science is concerned only with events occurring within the laws that govern the Universe till now, and they are not subject to change. Coming to Popper, his falsification does not pertain observations and their power to describe the reality. On the contrary, it refers to the theoretical model imagined to explain the observed phenomena and to make predictions on future events. In fact, every scientific theory encompasses two distinct parts. The description of the real world is necessarily empirical, based on observed events, whereas the theoretical model is a purely mental product, imagined to explain the observed events. It is just the theoretical model that can never be considered definitive and needs to be changed every time that falls in defect with respect to new evidence. Popper views observation as an essential instrument to reach a realistic description of the world. Kuhn relativism about science appears debatable. Being a historian, he is interested to the peculiar ways of thinking of men in different times, and he puts these theories on the same intellectual level. Correspondence to reality is not discriminating, in Kuhn view, since it is seen within the peculiar vision of the world envisaged by each theory. Kuhn relativism encounters also the difficulty of justifying the accumulation of scientific knowledge.

Key words: *inductive inference, falsification, relativism, Hume, Popper, Kuhn*

Riassunto

Quando Popper afferma che un teoria scientifica può essere solo falsificata, mai verificata, sembrerebbe riprendere le affermazioni di Hume sulla impossibilità di generalizzare una osservazione, con la conseguente impossibilità di fare previsioni. Tuttavia, le posizioni dei due sono molto distanti e vanno accuratamente interpretate. Hume, portando l'esempio dei cigni bianchi e neri, esagera nel negare validità all'osservazione. Infatti, il suo esempio è un sistema non lineare che ammette variazioni delle condizioni iniziali o di quelle

[†]Nota presentata dal socio emerito prof. G. Montaudou nella seduta pubblica del 15 aprile 2016

*e-mail: montaudou@alice.it

al contorno (gli esseri viventi sono soggetti a mutazioni), e quindi impedisce di fare previsioni. Di contro, esistono i sistemi chimici e fisici che si basano su leggi fisse e costanti nel tempo (non si osservano variazioni delle condizioni iniziali o di quelle al contorno), per cui una serie di osservazioni permette di fare generalizzazioni e legittime previsioni su eventi futuri. Inoltre, l'argomento di Hume (l'uniformità della natura non può essere garantita nel futuro) per cui le leggi fisse dell'Universo potrebbero subire imprevedibili variazioni, togliendo così la possibilità di generalizzare le osservazioni empiriche, è debole. In quel caso, il nostro Universo non esisterebbe più, mentre la scienza si interessa a ciò che accade nel mondo finché funziona con le leggi che lo hanno governato finora. Venendo a Popper, il suo falsificazionismo non si riferisce alle osservazioni e al loro potere descrittivo della realtà, bensì al modello teorico escogitato per spiegare gli eventi e i fenomeni osservati, modello che viene utilizzato per fare previsioni su eventuali eventi futuri. Infatti, ogni teoria scientifica si compone di due parti: la descrizione della realtà e il modello teorico che viene usato per spiegare la realtà. La descrizione della realtà è necessariamente empirica, si basa sui fenomeni ed eventi osservati, mentre il modello teorico è un prodotto puramente mentale costruito per spiegarli. E' il modello teorico, creazione della mente umana, che non può mai essere considerato definitivo e va cambiato ogni volta che viene falsificato da nuove evidenze sperimentali e osservazioni empiriche. Popper esalta, quindi, il valore delle osservazioni come strumento essenziale per una descrizione realistica del mondo. Di contro, la visione relativistica di Kuhn circa lo sviluppo della scienza appare criticabile. Da storico, egli è interessato alla diversità dei modi di pensare degli uomini in epoche differenti. Di conseguenza, egli mette le loro teorie tutte sullo stesso piano intellettuale. La eventuale corrispondenza con la realtà non è un aspetto discriminante per Kuhn poiché essa viene vista nell'ambito della visione del mondo caratteristica di ciascuna teoria. Il relativismo di Kuhn si scontra anche con la difficoltà di giustificare il progresso e l'accumulo delle conoscenze scientifiche.

Parole chiave: *inferenza induttiva, falsificazionismo, relativismo, Hume, Popper, Kuhn*

1 Introduzione

Quando Popper dice che una teoria scientifica può essere solo falsificata, mai verificata, sembrerebbe riprendere le affermazioni di Hume sulla impossibilità di generalizzare una osservazione, con la conseguente impossibilità di fare previsioni. Tuttavia, le posizioni dei due sono molto distanti e vanno accuratamente interpretate. Infatti, la lettura che viene talvolta data da alcuni filosofi risulta equivoca. Di recente, assistendo ad una conferenza sulla filosofia della scienza organizzata da un gruppo di studenti, mi accorsi che per molti di loro la scienza si identificava con la tecnologia. Ne valutavano gli effetti economici, sociali e psicologici, e discutevano anche del valore delle teorie scientifiche. Queste, seguendo la loro interpretazione di Popper, potevano essere soltanto falsificate, mai verificate. Quando accennai all'eliocentrismo come esempio di teoria scientifica che, nonostante al suo esordio fosse stata presentata come mera ipotesi e fosse stata aspramente combattuta, è stata verificata fino a diventare un fatto acclarato, mi fu risposto che, secondo la loro interpretazione di Popper, ero costretto ad ammettere la possibilità che in futuro poteva darsi che l'eliocentrismo non fosse più considerato vero e sarebbe stato falsificato.

Data la palese assurdità di una tale prospettiva, nel seguito cercherò di dare un'interpretazione più corretta del falsificazionismo di Popper, estendendo il discorso alle controverse tesi di Kuhn sul relativismo scientifico. Inoltre alcuni testi dedicati alla divulgazione della filosofia della scienza tracciano una sintesi dei principali problemi che i filosofi vedono sui fondamenti della scienza. Questi testi insistono troppo nel criticare il processo scientifico alla luce dei criteri della filosofia tradizionale che tende a stabilire proposizioni generali razionalmente difendibili, omettendo di fare riferimento ai nuovi strumenti metodologici (algoritmi, conoscenze disciplinari integrate) introdotti dalla moderna ricerca scientifica. Primeggia fra queste critiche il pensiero negativista di Hume. Un altro punto che intendo chiarire è che il falsificazionismo di Popper non si riferisce alle osservazioni ed al loro potere descrittivo della realtà, bensì al modello teorico escogitato per spiegare gli eventi ed i fenomeni osservati, modello che viene utilizzato per fare previsioni su even-

tuali eventi futuri. A questo riguardo, è essenziale definire chiaramente la differenza fra il mondo reale ed il modello immaginario che ne possiamo tracciarne mentalmente. Il problema di stabilire attraverso quali meccanismi avviene la correlazione fra pensiero (visto come rappresentazione di entità mentali), e la realtà esterna, coinvolge le “regole di corrispondenza”, che sono uno strumento mentale preinstallato che permette di mettere in sincronia il modello mentale di cui ci serviamo per identificare gli oggetti esterni, con la realtà. Queste regole sono a priori per ogni individuo, ma sono a posteriori per la specie umana, frutto dell’esperienza millenaria, filtrate attraverso processi mentali di *trial and error*. Di fatto, per acquisire conoscenze oggettive che rispecchino i fenomeni del mondo reale, i nostri antenati hanno trovato necessario acquisire “regole di corrispondenza” fra simboli e fatti. Infine, intendo sottolineare che rispetto alla speculazione filosofica, la scienza ha il vantaggio di usare non solo la logica, ma di procedere ad esperimenti per simulare svariati aspetti di eventi naturali, cambiando le condizioni fino ad arrivare a risposte univoche, a decidere fra sì e no. La pratica scientifica non è una via per conoscere la “verità” (intesa come verità assoluta o rivelata), ma uno strumento per giungere a conclusioni definitive, senza margine di dubbio, su specifici eventi e aspetti concreti della realtà.

2 Pessimismo conoscitivo

Che cosa possiamo conoscere? Come mai conosciamo qualcosa e in che modo ci riusciamo? La tradizione più antica può essere definita pessimismo cognitivo. Hume affermò che l’inferenza induttiva non può portare ad alcuna previsione. Questa posizione era in accordo con le tradizionali ideologie metafisiche che stabilivano che l’uomo non poteva conoscere la verità sul mondo e poteva solo sperare nella rivelazione e nella profezia. Il pessimismo cognitivo perdurò a lungo, anche quando ormai era superato nei fatti. Seguendo Hume, spesso i filosofi concordarono sul carattere ipotetico o strumentale delle descrizioni del reale. tuttavia, dal tempo di Copernico e Galileo, sono state tante le scoperte che hanno portato a conoscenze consolidate di parti della realtà. Kant si rese conto che per spiegare perché e come l’uomo riesce a conoscere, occorre collocare lo spazio/tempo alla base del processo con cui l’individuo accumula nozioni valide e coerenti. Egli definì lo spazio, il tempo e la ragione come entità possedute a priori dalla mente e nelle quali vengono collocate le nozioni acquisite. Spazio e tempo sono innati, trascendono l’esperienza, costituiscono gli scaffali che permettono all’uomo di accumulare fatti e riflessioni. Parte delle conoscenze è basata sulle proposizioni a priori che precedono l’esperienza, il resto proviene dall’esperienza.

Kant sfruttò i progressi scientifici verificatisi fino allora. La rivoluzione scientifica era già avvenuta, era caduto l’assunto che incomprensibili e arbitrarie forze governassero l’Universo. Finalmente, dopo millenni di tentativi infruttuosi, i fenomeni terrestri e quelli celesti erano stati unificati, un cambiamento davvero epocale. Il motore immobile era stato sostituito dal principio di inerzia, il geocentrismo dall’eliocentrismo. Non c’era più bisogno di una divinità per fare muovere il sistema solare, ed egli propose l’ipotesi della nebulosa primitiva per spiegarne l’origine. Tuttavia la teoria non era completa. Rimaneva da spiegare come mai esistano gli enti a priori e da dove provengano. A questi problemi Kant non pot rispondere, erano necessarie ulteriori conoscenze scientifiche. La scoperta del Dna e della trasmissione delle informazioni genetiche dagli antenati alla prole ha chiarito che gli enti a priori di Kant sono a priori solo per il singolo individuo, ma sono a posteriori per la specie, acquisite nella millenaria esperienza degli antenati. Dicono i detrattori che la scienza si occupa di cose che dopotutto non interessano l’uomo che lotta contro se stesso, i suoi problemi esistenziali, i suoi dubbi e le sue passioni. Tutto ciò è preminente nell’interesse dell’uomo, ed è il campo delle discipline umane.

Il pregiudizio degli umanisti verso l’indagine scientifica deriva dal fatto che essa è stata inizialmente applicata al mondo fisico, poi a quello biologico, ma stenta ancora a trovare posto nella sfera delle attività sociali e psichiche dell’uomo. Ciò lascia spazio a molteplici discipline che, saltando a piè pari i problemi strutturali, si occupano direttamente dei comportamenti umani (psicologia, etica). Le cosiddette scienze umane si caratterizzano tutte per una serie di fughe in avanti

che sfociano in affermazioni a carattere speculativo che difettano di una base concreta e prestano quindi il fianco alle confutazioni di ogni parte. Esempio è la scoperta dell'inconscio da parte di Freud. La sua esistenza come componente essenziale della coscienza, indipendente da quella che chiamiamo razionalità cosciente, ha rivelato una struttura mentale complessa che sottende alla motivazione individuale, ma che è lungi dall'essere compresa. L'intero è maggiore delle parti: ciò è vero in biologia come altrove. Ma non perché intervenga una qualche forma di vitalismo o peggio qualche qualità soprannaturale insita nella materia, la somma delle parti provoca l'innescare di una nuova funzione e spesso di una nuova complessità. L'indagine sui meccanismi cognitivi ha dato adito a seri studi sperimentali sul cervello, sulla sua struttura e sul sistema neuronale. Tuttavia, queste strutture sono ancora poco esplorate. Disquisire su comportamenti e fenomenologie senza preoccuparsi della struttura materiale che le genera e senza scendere a livello molecolare, non sembra corretto. Seguire questa strada, che permette agli specialisti del comportamento (psicologi, filosofi, teologi, moralisti) di intervenire sul tema della struttura della mente, è infinitamente più semplice che intraprendere lunghe ricerche scientifiche. L'indagine sulla sfera umana comporta vastissimi problemi su cui ferve il lavoro scientifico, ma le soluzioni non si intravedono ancora. Ciò alimenta il residuo pessimismo conoscitivo.

3 Il paradosso di Hume

Data una collezione di osservazioni su un fenomeno reale (la caduta di un grave), mi chiedo perché e come esso avvenga, se posso trarre conclusioni sulla natura del fenomeno, se posso fare delle previsioni sulle modalità di accadimento di altri fenomeni simili. Da una serie di osservazioni sulla esistenza di cigni bianchi o corvi neri, mi chiedo se posso fare previsioni sull'esistenza di cigni e corvi di colore diverso, oppure se sono legittimato a concludere che tutti i cigni sono bianchi ed i corvi tutti neri. Rispondere a queste domande significa interrogarsi sulla possibilità di trarre conclusioni generali dalle osservazioni particolari e di fare previsioni su eventi futuri. Hume ha affermato che l'inferenza induttiva non porta ad alcuna certezza. Secondo il filosofo, l'induttivista, sbagliando, si serve dell'inferenza e del ragionamento deduttivo per affermare che l'osservazione empirica è sufficiente a dare validità generale alle proposizioni singolari ricavate dall'esperienza. Hume ha giustamente scartato il ragionamento deduttivo come mezzo cognitivo (si può solo dedurre qualcosa da qualcos'altro), ed ha criticato il valore delle conoscenze empiriche poiché il principio di induzione è basato sulla uniformità della natura. Per Hume non possiamo essere sicuri che improvvisamente qualcosa non cambi nell'Universo. La posizione di Hume poggia su una affermazione metafisica (se la metafisica è il regno delle cose possibili, ma non necessariamente reali), in quanto prospetta un cambiamento delle leggi su cui si regge l'Universo ed oggi sappiamo che questo porterebbe alla sua fine. Un possibile cambiamento non riguarda il mondo in cui viviamo, quindi la critica di Hume è superata. La posizione negativista di Hume ha dato luogo ad un lungo dibattito sul valore della scienza. Tuttavia, ad onta del paradosso di Hume, lo sviluppo scientifico ha portato ad accumulo di conoscenze ed è risultato possibile fare previsioni attendibili su eventi futuri.

Nei dibattiti filosofici sull'argomento è stata spesso negletta la distinzione che esiste nel mondo reale fra sistemi lineari e quelli non lineari. Le leggi della fisica (moto inerziale) e della chimica (conservazione della massa) sono costanti; si tratta di fenomeni che non ammettono la possibilità di variazioni (sistemi lineari). In quell'ambito, le osservazioni particolari sono generalizzabili (i sassi cadranno sempre verso il basso), ed è legittimo aspettarsi che quelle previsioni siano rispettate. Qui diventa pienamente attuabile il percorso di generalizzazione e di previsione. Questo spiega perché, contrariamente alla pretesa di Hume, le scienze dure (fisica e chimica) hanno potuto proporre una serie impressionante di cognizioni definitive sulla realtà intorno a noi. Di contro, l'argomento di Hume rimane valido per i campi di fenomeni che ammettono la possibilità di variazioni (sistemi non lineari). Quando le condizioni iniziali o quelle al contorno variano, come avviene nelle vicende biologiche, ambientali o meteorologiche, fare previsioni diventa difficile e queste ultime assumono carattere soltanto probabilistico. Ad esempio, poiché le specie animali

sono soggette a mutazioni dei caratteri, può succedere che da coppie di cigni bianchi nascano cigni neri o con tratti mutati. Pertanto, la predittibilità non si applica alla biologia perché il sistema ammette le mutazioni. Il non aver tenuto conto della distinzione fra sistemi lineari e non lineari, spiega la difficoltà incontrata nel rispondere, almeno per quanto riguarda le scienze dure (fisica e chimica), all'argomento di Hume. Ai filosofi è sembrato che quest'ultimo sancisse l'impossibilità di previsione e di accumulo per quelle discipline scientifiche che si occupano di fenomeni soggetti a variazioni. Tuttavia, ciò non si è avverato; anche in quei settori la scienza ha prodotto accumulo di conoscenze consolidate.

4 Conoscenze disciplinari integrate

Gran parte del progresso che si è verificato in tutte le discipline, contrariamente alle previsioni di cui sopra, sta nell'avvento delle conoscenze disciplinari integrate. Nel processo scientifico noi non utilizziamo la mera induzione, bensì l'abduzione. Ad esempio, si è osservato che la circolazione sanguigna avviene in due sezioni apparentemente non comunicanti. Questa è un'osservazione empirica. Se ora introduciamo un'ipotesi speculativa e ammettiamo che esse comunichino tramite un sistema di piccole vene capillari, il fenomeno si spiega. Pertanto, è plausibile che un sistema di capillari esista nella realtà. Questa è l'abduzione, un sillogismo in cui la conclusione risulta plausibile o verosimile, ma non necessariamente vera. Inoltre, occorre distinguere fra la semplice osservazione e la sperimentazione. Vi è da considerare che il valore euristico dell'esperimento è ben distinto dalla semplice osservazione. Infatti, molti esperimenti non coincidono con le semplici osservazioni. Spesso i moderni esperimenti sono degli artefatti, nel senso che sono costruiti artificialmente, pensati per dare delle risposte univoche (sì/no) in merito a certi aspetti dei fenomeni naturali studiati. Nella pianificazione degli esperimenti entrano in gioco la riflessione logica, la deduzione, le ipotesi interpretative, la modifica ed il controllo delle condizioni in cui viene fatto avvenire il fenomeno da analizzare. Se l'osservazione pristina di un fenomeno naturale non permette di fornirne una spiegazione immediata, si possono ideare condizioni sperimentali in cui il fenomeno avvenga in condizioni diverse. Possiamo cambiare ad libitum le condizioni iniziali o quelle al contorno per cercare di ottenere tutte le informazioni che ci servono per giungere ad una conclusione soddisfacente ed eliminare la possibilità di equivoco o di incertezza. Questo procedimento sperimentale sfrutta l'osservazione empirica, ma introduce la possibilità di influire sul fenomeno, di valutare criticamente le informazioni disponibili sul fenomeno studiato, di fare uso vantaggioso della deduzione, di assumere il controllo delle condizioni in cui avviene il fenomeno, fino a giungere a conclusioni necessarie (rasoio di Ockham).

Gli esperimenti rappresentano un progresso nella metodologia scientifica rispetto alle semplici osservazioni, poiché permettono di stabilire un rapporto fra causa ed effetto e di verificare le predizioni teoriche. Oltre alla classica metodologia della sperimentazione, man mano che l'edificio della scienza è cresciuto, si sono aggiunte le conoscenze disciplinari integrate, che rappresentano un vero e proprio strumento metodologico, un enorme salto di qualità nel processo di acquisizione di conoscenze scientifiche. Ad esempio, l'astronomia in passato era in una posizione diversa rispetto alla fisica ed alla chimica, poiché qui non si possono fare esperimenti, ma la fisica nucleare e particellare hanno prodotto teorie in grado di fare previsioni su eventi e su corpi astronomici. L'esistenza dei buchi neri e della radiazione di fondo, la deviazione dei raggi luminosi a causa del campo gravitazionale, sono stati tutti ipotizzati in base a previsioni teoriche, sono stati poi cercati ed infine accertati. Restando nel campo dell'astrofisica, la capacità di compiere osservazioni è grandemente aumentata, travalicando il limitato campo dello spettro elettromagnetico coperto dalle onde luminose. Oggi si va dalle onde radio, ai raggi infrarossi e ai raggi gamma, ed è possibile compiere osservazioni di fenomeni fino a tempo fa impensati. E' inoltre possibile analizzare la composizione di corpi celesti e di stelle. Già agli inizi del 1900, l'elio, un gas nobile presente in piccole quantità nell'atmosfera terrestre, fu scoperto prima nel Sole tramite le tecniche spettroscopiche e poi rintracciato nell'atmosfera terrestre. L'astronomia classica è così diventata astrofisica, l'universo è diventato un laboratorio dove mettere alla prova le predizioni teoriche e

rivelare eventi rilevanti per la sua comprensione. Lo stesso problema aveva la Geologia, i cui tempi non permettono agevolmente di compiere esperimenti. Tuttavia, le tecniche di analisi chimica, le conoscenze reologiche ed elastiche dei minerali, la simulazione matematica, hanno permesso alla geologia di formulare la teoria della tettonica a placche e la deriva dei continenti. Così, la ricerca scientifica odierna può giovare di conoscenze disciplinari integrate, di modo che l'osservazione e la sperimentazione diretta non sono più una *conditio sine qua non* per il progresso delle conoscenze scientifiche. Il ruolo giocato dalle conoscenze disciplinari integrate è sempre più importante. Lo sviluppo della scienza ha coperto ormai amplissimi settori dello scibile, le discipline scientifiche si sono moltiplicate, ed il processo di integrazione interdisciplinare è diventato così comune da essere ormai automatico. Le conoscenze maturate all'interno di una disciplina contribuiscono al progresso di un altro settore. Esempi eccellenti di questo meccanismo di integrazione si trovano nella chimica, che ha beneficiato delle teorie quantomeccaniche, e nella genetica che ha beneficiato della scoperta della struttura tridimensionale del Dna. L'integrazione disciplinare viene ad aggiungersi alla fase iniziale di crescita della scienza, e contribuisce a spiegare il suo successo. Infine, occorre qui disputare una delle più comuni critiche al metodo scientifico che si appunta sulla legittimità di scegliere gli opportuni esperimenti scientifici (si sceglie un esperimento fra tanti possibili). Ciò introdurrebbe un grado di arbitrarietà nel processo di acquisizione delle conoscenze scientifiche, perché se si fossero scelti altri dati sperimentali, le conclusioni sarebbero forse mutate. Questa critica trascura il fatto che il processo di acquisizione dei dati, della loro elaborazione, della congettura e della confutazione, è un processo continuo che non conosce soste. La scelta dell'esperimento significativo è sempre arbitraria, ma se è sbagliata i risultati lo dimostreranno e l'esperimento darà esito negativo. Se certe volte nella ricerca scientifica si arriva ad un vicolo cieco, se si arriva a dei paradossi, ciò significa che le domande iniziali sono state mal poste, che gli esperimenti scelti non sono significativi.

In conclusione, il paradosso di Hume rimane un problema filosofico cui è difficile rispondere completamente, ma esso si è rivelato influente per lo sviluppo del pensiero scientifico.

5 Il falsificazionismo di Popper

Popper afferma che la scienza comincia quando si cerca di spiegare i fenomeni osservati e che la validità di una teoria scientifica si basa sulla bontà delle sue previsioni. L'attenzione di Popper si è concentrata sulle condizioni necessarie affinché una teoria scientifica sia valida. Secondo Popper, una teoria scientifica è tanto più utile quanto più essa è falsificabile. Egli pone l'accento sul fatto che una teoria che non può essere sottoposta a controllo (e quindi non può essere falsificata) non ha valore scientifico, essa appartiene al tipo di affermazioni dogmatiche. La psicoanalisi di Freud, la teoria della storia di Marx, sono pseudoscienze. La teologia è metafisica. Una teoria scientifica deve invece produrre una previsione molto precisa, che deve poter essere confermata o falsificata. Nella vulgata corrente spesso si parla di teorie, intendendo che queste siano mere ipotesi. Tuttavia, l'equivalenza fra i termini ipotesi e teoria non è completamente valida quando si tratta di termini scientifici. Infatti, benché una teoria scientifica proponga una ipotetica visione del mondo, essa deve spiegare in dettaglio un insieme di fenomeni naturali e deve contenere delle precise predizioni su fenomeni naturali. Inoltre, si usa correntemente il termine teoria scientifica, sia per indicare il modello teorico circa le cause che danno origine agli eventi osservati nella realtà, sia per indicare le evidenze sperimentali che sottendono alla descrizione della realtà.

Occorre avere ben presente che si tratta di due momenti distinti: modello teorico e descrizione della realtà. Mentre il modello teorico non è verificabile in assoluto, ma è falsificabile sulla base delle evidenze sperimentali disponibili e della sua incapacità di previsione degli eventi, la descrizione della realtà è invece verificabile, ed allora diventa un fatto. Pertanto, l'affermazione: una teoria scientifica può essere falsificata mai verificata, così formulata, risulta quanto mai equivoca. Ad esempio, tutti sanno che la teoria eliocentrica ha sostituito quella geocentrica. L'eliocentrismo è una teoria consolidata, verificata. Nessuno crede che in futuro l'eliocentrismo verrà falsificato, e Popper per primo lo sapeva benissimo. Perché egli affermò invece che una teoria scientifica può

essere falsificata ma mai verificata? Il paradosso nasce dall'uso improprio del termine teoria scientifica. La descrizione della realtà è necessariamente empirica, si basa sui fenomeni ed eventi osservati, mentre il modello teorico è un prodotto puramente mentale costruito per spiegarli. E' fin troppo chiaro che Popper, quando parlava di teoria scientifica, intendeva riferirsi al modello mentale ideato per spiegare la realtà così come appare dalle osservazioni e dagli esperimenti. E' quest'ultimo che può essere soltanto falsificato, mai verificato definitivamente. Il falsificazionismo non annette soverchia importanza ai limiti concettuali dell'inferenza induttiva, che prospettano l'impossibilità di generalizzazione delle osservazioni singole. Infatti, se in linea di principio è vero che spesso una osservazione non può essere generalizzata, è sempre possibile correggere una conclusione tratta da una osservazione imprecisa o errata.

La ricerca scientifica odierna procede per tentativi e le conclusioni vengono essere cambiate di continuo. Una delle critiche più frequenti al falsificazionismo di Popper è quella che afferma l'impossibilità di ottenere falsificazioni conclusive perché manca la base osservativa assolutamente certa (Hume). Questo non è vero, ad esempio una falsificazione assolutamente certa è quella che vedeva la Terra immobile e al centro dell'Universo. Anche la pretesa subordinazione dell'osservazione alla teoria e la dipendenza dei dati dalle concezioni teoriche sono facilmente confutabili, in quanto frutto della mancata distinzione fra descrizione della realtà e modello teorico. I dati raccolti sulla base delle osservazioni astronomiche sul sistema solare risultano infatti indipendenti dal modello teorico (Tolomeo, Copernico, Newton, Einstein) adottato per spiegarli. Secondo alcuni filosofi è sorprendente che teorie scientifiche, ritenute anche dagli addetti ai lavori dei meri strumenti di calcolo, possano condurre alla scoperta di fenomeni nuovi, prevedibili ed osservabili per mezzo di ipotesi che sono soltanto finzioni teoriche. Costoro dimenticano che le teorie scientifiche vengono costruite tenendo presente la loro corrispondenza con la realtà, il riscontro reale. Esse vengono sviluppate non solo secondo il criterio logico, unito a quello della coerenza interna, ma si articolano inoltre tramite algoritmi che definiscono univocamente i campi e le regole valide per ogni disciplina, e definiscono soprattutto le previsioni possibili. L'algoritmo è spesso assimilato al linguaggio disciplinare, ma nel campo delle scienze dure si tratta invece di una serie di regole, spesso a carattere matematico, che funzionano da guida per lo sviluppo teorico.

Quando Einstein scrisse l'equazione della contrazione del tempo in funzione della velocità di un oggetto, raggiunse un grosso risultato e pubblicò la sua teoria della relatività ristretta. In seguito, si accorse che, combinando la sua equazione della contrazione del tempo con l'equazione dell'energia cinetica di un oggetto, si otteneva una nuova proprietà della massa: $E = mc^2$. Questa previsione, che tardò oltre trenta anni per essere confermata dall'osservazione, scaturisce dalla possibilità di combinare i risultati teorici tramite l'algoritmo fisico matematico. In un altro esempio, l'insieme di regole su valenza e disposizione geometrica degli atomi che costituiscono l'algoritmo chimico, ha permesso di conoscere a priori l'esistenza o meno di nuovi edifici molecolari e di predirne addirittura la struttura tridimensionale. L'algoritmo è un nuovo strumento di indagine scientifica che si è sviluppato con la crescita graduale delle conoscenze scientifiche. Esso è uno strumento metodologico, un elemento strutturale specifico di ogni disciplina, che non esisteva nelle prime fasi dello sviluppo scientifico e la cui importanza non può essere negletta nel valutare l'innovazione culturale che ha comportato il processo scientifico. Esistono certo dei limiti nella scienza, ma si tratta di limiti temporanei, che non corrispondono a limitazioni concettuali, tanto è vero che i limiti delle conoscenze vengono continuamente spostati in avanti, si tratta di limiti mobili.

6 Il relativismo di Kuhn

Il tentativo di negare la possibilità di progresso scientifico è figlio di antichi dubbi sulla possibilità di accertare la natura del mondo esterno e della possibilità dell'uomo di conoscerla. Kuhn si interessa alla storia dello sviluppo scientifico, ma sembra negare la validità oggettiva delle conoscenze scientifiche. Egli vede le discipline scientifiche ancorate a un paradigma, che ha una funzione guida fino a quando viene riconosciuto valido. I paradigmi di Kuhn si affermano grazie al con-

senso loro accordato in una data epoca. Caratteristica di tutti i paradigmi è l'esclusione di tutte le concezioni ad essi eterogenee e la promozione delle teorie ad essi omogenee, per cui si instaura una sorta di dittatura culturale, chiamata scienza ufficiale, che si incarica di attuare una difesa ad oltranza del paradigma. La visione di Kuhn circa lo sviluppo della scienza è falsata dal ruolo assegnato alla nascita ed alla caduta dei paradigmi. Egli è essenzialmente uno storico, e come tale è interessato alla diversità dei modi di pensare degli uomini in epoche differenti. Di conseguenza, mette le loro teorie tutte sullo stesso piano intellettuale. Per Kuhn le teorie scientifiche sono buone purché le loro strutture rispondano a criteri logici e siano internamente coerenti. La eventuale corrispondenza con la realtà non è un aspetto discriminante poiché l'interpretazione della realtà viene vista nell'ambito della visione del mondo proposta da ciascuna teoria. Quest'ultimo compito, e cioè assicurare che la teoria abbia corrispondenza con la realtà, è invece la caratteristica del processo scientifico, che procede falsificando le concezioni in contrasto con l'esperienza.

Secondo Kuhn, le varie teorie succedutesi nel tempo non sono commensurabili poiché comportano visioni del mondo differenti. Anche dal punto di vista dell'analisi storica, lo schema di Kuhn solleva perplessità. E' vero che lo sviluppo avvenuto a partire dalla rivoluzione copernicana e galileiana, fino a Cartesio e Newton, testimonia un periodo di aspri contrasti. Tuttavia, da quel tempo le condizioni sono profondamente cambiate e ci sono oggi una molteplicità di casi in cui il progresso scientifico avviene in tranquillità. Inoltre, i paradigmi associati a ciascuna disciplina non sono più indipendenti da quelli di altre discipline, a causa del moltiplicarsi delle conoscenze disciplinari integrate. La rapidità con cui la biologia molecolare si è affermata a seguito della scoperta della struttura tridimensionale del Dna e del codice genetico, per esempio, mal si adatta allo schema di Kuhn. Non ci furono resistenze. Il mondo scientifico si rese subito conto che il mistero dell'ereditarietà era stato risolto e la nozione fu subito collegata alla sintesi proteica, dando luogo alla biologia molecolare.

L'affermazione del paradigma della relatività einsteiniana non è avvenuta secondo lo schema delineato da Kuhn. Dopo la dimostrazione di Ellington, gli scienziati newtoniani si sono presto convertiti alla teoria di Einstein. Di contro, la rivoluzione copernicana, così come quella darwiniana, sollevarono grossi problemi religiosi e per questa ragione furono molto controverse. La rivoluzione di Lavoisier in chimica non sollevò problemi religiosi e quindi fu accettata come normale progresso scientifico. Diversa sorte toccò alla teoria atomica di Dalton. Per la prima volta la scienza avanzava ipotesi su oggetti inosservabili e molti sollevarono dubbi sulla reale esistenza degli atomi, ma questi dubbi rimasero nell'ambito di un dibattito fra esperti. Quando però chimici stabilirono che gli atomi sono stabili e che le trasformazioni della materia avvengono tramite cambiamenti nella composizione e nella struttura delle molecole, lasciando gli atomi inalterati, questa conclusione sollevò un problema religioso, quello della transustanziazione, e pertanto anche la teoria atomica suscitò controversie e fu avversata dai religiosi. Sembra acclarato che la maggior parte delle scoperte scientifiche siano avvenute a seguito di osservazioni inaspettate o di innovazioni tecniche. Galileo non prevede nessuna delle spettacolari scoperte che fece col cannocchiale. L'astronomia è cresciuta tramite scoperte fatte con strumenti di crescente potere risolutivo. L'analisi di Kuhn rappresenta una visione storica limitata, legata alle fasi iniziali dello sviluppo della ricerca scientifica, condizionata dalla considerazione dei tanti fallimenti iniziali, un'analisi che presuppone che le condizioni storiche iniziali siano ancora valide oggi. Kuhn ha però ragione nell'affermare che ogni nuova teoria scientifica comporta un cambiamento più o meno grande nella visione del mondo. Non è pertanto possibile ridurre una teoria scientifica ad un'altra. La relatività di Einstein prospetta uno spazio curvo e duttile che si identifica con il campo gravitazionale, stabilisce che la massa è trasformabile in energia, concetti molto diversi da quelli di Newton. Anche se è vero che l'Universo di Einstein è molto diverso da quello di Newton e che le due teorie prospettano visioni del mondo differenti, tuttavia tutti i fenomeni che la meccanica di Newton spiegava sono ugualmente spiegati dalla relatività einsteiniana. Ciò non significa che la relatività einsteiniana è riducibile alla meccanica di Newton. Semplicemente, la teoria di Einstein prevede come caso limite le equazioni di Newton. Queste ultime sono infatti usate nella pratica, anche se la loro validità è ristretta al caso di corpi con masse molto estese come quelli del sistema

solare. Quando però il volume dei corpi stellari si riduce molto, le equazioni newtoniane non sono più valide. Secondo Kuhn, i dati sono sempre contaminati da assunti teorici, ed è impossibile isolare un insieme di dati puri, indipendenti cioè dalle convinzioni teoriche. Le osservazioni usate per scegliere fra due teorie rivali dovrebbero essere indipendenti dalle teorie in oggetto e risultare accettabili da parte di uno scienziato, indipendentemente dalla teoria che egli adotta. In un esempio citato da Kuhn, dopo molte osservazioni su pezzi di rame sottoposti a corrente elettrica, si conclude che la corrente elettrica scorre attraverso il filo di rame, ma questa conclusione non sarebbe accettata da chi non crede all'esistenza di correnti elettriche. Un tale argomento è sostenibile solo per assurdo. La descrizione eliocentrica del sistema solare è un dato confermato oltre ogni dubbio, è un'acquisizione oggettiva e neutrale rispetto a tutte le teorie escogitate per spiegarla. Infatti, la descrizione eliocentrica viene accettata da entrambe le teorie di Newton e di Einstein, che però propongono scenari e visioni del mondo molto diverse. Il fattore chiave che permette poi di scegliere fra i due modelli teorici è il loro il potere di predire nuovi fenomeni e di individuare nuove proprietà degli oggetti materiali. Secondo Kuhn, dato che l'abbandono di un paradigma (e cioè la falsificazione di una teoria) cambia ogni volta la visione del mondo, non si può parlare della scienza come di un processo di accumulo. Ma l'abbandono di un paradigma è conseguente al suo fallimento, alla sua sostituzione con uno più potente. I paradigmi di Kuhn appaiono frammentati, in contrasto fra loro, incommensurabili, soggetti più al consenso che sono capaci di ottenere in un certo periodo storico, che ad una loro validità intrinseca. Questa analisi porta Kuhn a sostenere un relativismo che rischia di fare smarrire il senso ed i risultati dell'impresa scientifica.

7 Il paradigma statico e quello dinamico

Invece di considerare la storia della scienza come un avvicinarsi di molteplici concezioni contrastanti, si può vedere la storia della scienza in un modo diverso, più costruttivo ed unitario. La cultura del mondo antico era fissista, basata su una concezione statica dell'Universo e degli oggetti che lo popolano. Sebbene frutto di un ammirevole sforzo di pensiero, la scienza antica era sbagliata: gli enti che postulava non corrispondono alla realtà fisica e biologica. La scienza medievale consisteva di astrologia, magia, alchimia. Teoria dei cieli, motore immobile, i principi occulti portatori di qualità, flogisto, forza vitale, sono concezioni che non hanno rispondenza nella realtà. Attraverso un grande travaglio intellettuale, la scienza rinascimentale e illuminista riuscì ad abbattere il fissismo greco e stabilire il nuovo paradigma. Fu necessario abbandonare gli assunti aristotelici, geniali ma errati, e ricominciare. Fu il passaggio da una concezione statica dell'Universo (che comprendeva la vita, l'habitat terrestre, l'uomo e le sue credenze religiose), ad una visione dinamica che gradualmente è stata estesa dal mondo fisico a quello biologico e umano. Questo passaggio ha segnato la linea di continuità, la direzione, dello sviluppo scientifico moderno.

Le teorie scientifiche succedutesi a partire dalla rivoluzione copernicana sono omogenee rispetto alla concezione dinamica del mondo ed in ciò può essere ravvisata una visione unitaria dell'impresa scientifica. Gli strumenti metodologici di cui si servirono gli scienziati nel loro lavoro innovativo, erano già disponibili. Galileo si servì del metodo di Archimede, Ockham aveva già da tempo elaborato il suo rasoio, Duns Scoto aveva separato filosofia e teologia, Alberto Magno aveva affermato l'indipendenza della scienza dalla fede. L'accento fu posto sulla sperimentazione continua e sulla riproducibilità dei risultati. In conseguenza di quegli sviluppi, la scienza acquistò lo status di rivoluzione intellettuale permanente.

Il ruolo della scienza è stato sempre quello di affermare la razionalità, eliminando giustificazioni basate sull'occulto, sul magico, su enti fantasiosi che non trovano riscontro e corrispondenza con la realtà. Enti occulti erano il motore immobile, la gravità newtoniana, l'etere, il calorico, il flogisto, i quali di volta in volta venivano invocati a supporto delle spiegazioni fornite. La teoria della relatività sostituisce quella di Newton, non solo perché permette di spiegare e prevedere nuovi fenomeni o perché spiega cosa sia la gravità che Newton aveva postulato come

ente occulto, ma anche perché presenta una nuova visione del mondo rispetto a quella prospettata dalla meccanica di Newton. A partire dagli incerti e contraddittori inizi, la scienza ha imboccato un percorso intellettuale che ha portato a rispondere alle grandi domande di sempre: chi siamo, da dove veniamo. Se il problema si allarga all'aspetto sociale e politico della storia dell'uomo, se ci si chiede se l'attuale organizzazione del nostro mondo rappresenti un progresso o meno, la risposta è necessariamente molto più difficile. Si deve però constatare che il progresso verificatosi nelle conoscenze scientifiche si riflette sensibilmente sull'organizzazione sociale e culturale. Il campo delle conoscenze accumulate in tutti i settori dello scibile è così ampio che le contestazioni sono ormai limitate ai cosiddetti buchi della scienza, a mettere cioè in evidenza i problemi che rimangono irrisolti. Di contro, mai come oggi ci rendiamo conto che l'impresa scientifica è appena al suo decollo.

Pur concordando che arrivare a disporre di modelli teorici definitivi è solo un mito, è ragionevole pensare che in futuro avremo modelli che rispecchiano sempre meglio la realtà grazie a tecniche e metodi di ricerca sempre più sofisticati e grazie soprattutto alle riflessioni più ampie che la raccolta di dati di qualità elevata permette. Si avverte una decisa accelerazione del progresso scientifico. Non siamo più nella fase iniziale della scienza, un tempo in cui molte descrizioni della realtà erano rozze o addirittura errate. Epoche in cui coesistevano discipline eterogenee. Le conoscenze scientifiche stanno avanzando a raggiera in tutti i campi dello scibile e nuovi campi si aprono ad ogni momento. I confini delle vecchie discipline sono stati superati, le discipline si sono fuse, è nata la scienza disciplinare integrata. Oggi si parla di scienza matura, intendendo il fatto che l'acquisizione di nuove nozioni nell'ambito di una specifica disciplina deve essere integrata ed armonizzata con quelle di altre discipline contigue. È difficile introdurre un nuovo modello teorico che non coinvolga anche i modelli di discipline contigue, non ci si può chiudere nell'ambito di una singola disciplina affermando *ad libitum* la validità di uno specifico risultato senza considerarne l'impatto sul resto dell'edificio scientifico. Esempio tipico è il conflitto fra fisici e geologi sull'età della Terra a metà del XIX secolo e l'importanza che queste diverse valutazioni avevano sulla possibilità della evoluzione biologica postulata da Darwin. Infatti, se l'età della Terra fosse risultata così breve come sostenevano i fisici, non ci sarebbero stati i tempi necessari allo sviluppo dell'evoluzione geologica e biologica. Tuttavia, una volta che il corpus delle discipline dure (fisica, chimica, biologia, geologia, astrofisica) è stato solidamente costruito, l'integrazione di queste è avvenuta rapidamente e i risultati ottenuti vengono subito confrontati ed armonizzati con le altre discipline. Il sorgere di ciascuna delle nuove teorie che sostituiscono le vecchie (Einstein/Newton; Evoluzione/ Fissismo; Tettonica a Placche/Geologia Fissista), costituisce indubbiamente una rivoluzione, ma il progresso scientifico avviene all'interno della scienza matura, le nuove teorie utilizzano metodi e formalismi uniformi. Non si può parlare di una molteplicità di rivoluzioni scientifiche. Ce n'è una sola, l'abbandono del fissismo, che ha coinvolto gradualmente tutti i campi della scienza.

8 L'esempio astronomico

La descrizione eliocentrica del sistema solare cominciò ad affermarsi quando alle osservazioni astronomiche iniziali si aggiunsero le scoperte di Galileo e di Keplero. Il problema cui aveva tentato di rispondere il modello teorico sostenuto da Aristotele era duplice: spiegare perché i pianeti continuano a muoversi e perché, a differenza di quanto accade sulla Terra, il loro moto è circolare invece che lineare. La risposta di Aristotele consisteva nel postulare un motore immobile a sostegno del moto delle sfere sideree che contenevano gli astri e nell'assumere l'esistenza dell'etere cosmico per giustificare il moto circolare. Il modello greco si reggeva dunque sulla introduzione di enti occulti, invisibili e non verificabili. Quando, a seguito delle nuove osservazioni cambiò la descrizione della realtà astronomica, fu necessario cambiare il modello teorico ed emendare la teoria matematica usata per il sistema geocentrico. Si passò dalle sfere alle orbite, si svilupparono equazioni adatte a descrivere le orbite planetarie. ma non si attuò un cambio completo del modello aristotelico. Il modello teorico adottato nel rendere conto dell'ipotesi geocentrica era quello del

primo motore immobile, che aveva il grave difetto di non considerare l'assenza di attrito dello spazio esterno e quindi il moto inerziale dei pianeti. Galileo aveva fondato al sua meccanica e la sua relatività sul principio del moto inerziale dei corpi, ma non l'aveva applicato al moto corpi celesti. Anche cambiando la descrizione della realtà, andando dal sistema geocentrico a quello eliocentrico, il modello del motore immobile poteva ancor reggere. Keplero, che pure aveva concepito le orbite ellittiche dei pianeti smontando il vecchio mito della perfezione del moto circolare, mantenne l'ipotesi del motore immobile limitandosi a trasferirlo al Sole che, ruotando, avrebbe strascinato con s i pianeti. Era ancora il motore immobile a farli muovere. Anche il perché i corpi in movimento procedessero con moto lineare sulla Terra e invece i pianeti descrivessero orbite circolari, era rimasto misterioso. Infine Newton applicò al sistema solare il moto inerziale, unito all'ipotesi della gravità, fornendo un nuovo modello teorico che rendeva conto del moto dei pianeti e permetteva di fare previsioni precise sui fenomeni osservabili. Il motore immobile fu accantonato definitivamente, così si ebbe il primo cambio radicale del modello teorico in astronomia, destinato a durare per almeno due secoli.

Più di recente, anche il modello teorico newtoniano dovette essere abbandonato e sostituito con la relatività generale di Einstein, quando non riuscì prevedere e dar conto dei fenomeni di deviazione della radiazione elettromagnetica causati dai corpi celesti. E' interessante notare che l'avvento della relatività einsteiniana non è avvenuto a seguito di nuove osservazioni, bensì a causa di un fenomeno mai osservato, ma che il nuovo modello teorico prevedeva. Si dovettero cercare eventi astronomici speciali a causa dei quali la deviazione della luce fosse ipotizzabile. Se la previsione si fosse rivelata errata, il modello sarebbe stato scartato. Il modello einsteiniano implica una nuova concezione dello spazio, pensato come campo gravitazionale (un oggetto materiale che è soggetto a piegarsi), ed è stato capace di fare previsioni corrette su fenomeni che si verificano ben al di fuori del sistema solare (buchi neri, lenti gravitazionali, croce di Einstein). Esso fornisce una diversa rappresentazione del sistema solare. I pianeti orbitano intorno al Sole non più per l'attrazione gravitazionale esercitata da quest'ultimo, come voleva il modello di Newton, ma a causa della distorsione dello spazio dovuta alla grande massa del Sole.

Si tratta ancora una volta, di un drastico cambio mentale nella visione del mondo, e questo nuovo modello cosmologico sembra in accordo stretto con la descrizione della realtà fenomenica fornita dalle osservazioni sperimentali. Esso ha anche il vantaggio di eliminare un parametro occulto, la forza di gravità, introdotto da Newton per spiegare i fenomeni osservati. La teoria della relatività spiega invece la gravità in termini geometrici, prevede l'equivalenza fra materia ed energia ed i fenomeni particellari, deviazione della luce ad opera della massa solare, l'esistenza dei buchi neri, l'espansione dell'Universo, il big bang. E' difficile dire per quanto tempo la relatività di Einstein riuscirà a rimanere in accordo con la descrizione della realtà cosmologica che avremo nel futuro. Dati i precedenti storici, niente fa prevedere che questo modello risulti valido in maniera definitiva, e questa conclusione è ben in accordo con lo schema avvocato dal paradigma dinamico che caratterizza il mondo contemporaneo.

9 Scienza consolidata

Una teoria scientifica dovrebbe essere in accordo con tutti i fenomeni osservati fin a quel momento ed ha il compito di fare predizioni su nuovi fenomeni. Essa rimane il quadro di riferimento fino a che riesce a prevederli, ma viene sostituita da un'altra più valida quando fallisce. Purtroppo, le teorie scientifiche correnti si riferiscono ciascuna ad un settore specialistico; ciascuna è valida in un ristretto dominio. Per esempio, le leggi della meccanica quantistica non sono più valide quando si applicano ad oggetti che superano le nanodimensioni. Le teorie scientifiche di maggior successo sono sorte indipendentemente l'una dall'altra (quantomeccanica e relatività), spesso non sono correlate e si trovano talvolta perfino in contraddizione. Si spera che l'evoluzione della scienza possa portare in futuro ad un'unica potente teoria scientifica integrata, capace di coprire tutto lo scibile. La scienza esplora i confini dello scibile, e qui procede per tentativi e approssimazioni. A valle di questa frontiera esiste però la scienza consolidata che poggia su fatti ben acclarati, quando

si perviene a conclusioni ferme non c'è ideologia o credenza che possa scalfirle.

Nessuno oggi negherebbe o avrebbe da ridire sulla struttura atomica della materia, sull'origine del sistema solare, sul sistema eliocentrico, sull'età della Terra, sulla circolazione sanguigna, sull'origine di tutti i viventi a partire degli organismi unicellulari, sulle mutazioni genetiche, sull'evoluzione del vivente. Ciascuna di queste nozioni rappresenta una completa rivoluzione rispetto alle credenze del passato, ma esse costituiscono il nocciolo della nostra civiltà. Il campo dello scibile si è allargato enormemente, è difficile non concludere che vi è stato un deciso progresso rispetto al passato e che questo è ancora in corso. Le teorie servono ad indicare quali sono gli esperimenti più interessanti da attuare, mentre le interpretazioni che queste propongono vanno accantonate se si rivelano in contrasto con nuovi fenomeni osservati. La cosa più importante è l'acquisizione dei dati, che debbono essere raccolti con metodologia corretta ed essere riproducibili. A queste condizioni i dati sperimentali divengono vere e proprie conoscenze definitive e costituiscono il vero prodotto dell'attività scientifica (scienza consolidata). Negando alle teorie valore euristico assoluto e spostando tutta l'importanza della scienza sulla acquisizione dei dati sperimentali certi e ripetibili, quei dati vengono a costituire un punto fermo, sono definitivi. Di per sé, i dati sperimentali significano poco. Il loro elenco può risultare noioso come un elenco telefonico. Tuttavia, essi permettono di dare una risposta compiuta a problemi esistenziali che l'uomo si è posto da sempre. Il falsificazionista crede nel progresso scientifico (Aristotele, Newton, Einstein). Scopo della scienza è l'accumulo di conoscenze consolidate, non quello di falsificare teorie e sostituirle con altre ugualmente prive di certezza.

Bibliografia

- [1] Bachelard G. 1978, *Il nuovo spirito scientifico*, Laterza, Bari
- [2] Boncinelli E. 2015, *I sette ingredienti della scienza*, Indiana, Milano
- [3] Cannizzaro S. 1869, *Giornale di Scienze Naturali ed Economiche*, 5, 115; 5, 208
- [4] Chalmers A.F. 1979, *Che cosa è questa Scienza?*, Mondadori, Milano
- [5] Chomsky N. 2009, *Linguaggio e problemi della conoscenza*, Il Mulino, Bologna
- [6] Hume D. 1966, *Enquires Concerning Human Understanding*, Clarendon Press; Book IV
- [7] Kuhn T. 1969, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino
- [8] Lakatos I. 1976, *La falsificazione. Metodologia dei programmi di ricerca*, Mondadori, Milano
- [9] Montaudo G. 2013, *Atomi di Democrito*, Boll. Accademia Gioenia, 2013, vol.46, n.376, 49
- [10] Montaudo G. 2009, *Storia di Jay*, Altromondo, Padova
- [11] Okasha S. 2006, *Il primo libro di filosofia*, Einaudi, Torino
- [12] Popper K. 1965, *Congetture e Confutazioni*, Bompiani, Bologna
- [13] Popper K. 1970, *La logica della scoperta scientifica*, Einaudi, Torino
- [14] Rovelli C. 2014, *Sette brevi lezioni di fisica*, Adelphi, Milano
- [15] Rossi P. 1997, *La nascita della scienza moderna in Europa*, Laterza, Bari
- [16] Schroedinger E. 1967, *What is Life?*, Cambridge University Press, Cambridge U.K.
- [17] Vassallo N. 2003, *Filosofie delle Scienze*, Einaudi, Torino
- [18] Wittgenstein L.W. 1978, *Della certezza*, Einaudi, Torino