



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,  
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

# Il corvo e il tacchino

Ovvero:  
come funziona  
il metodo scientifico



Federico Angelini

ENEA FSN-TECFIS-DIM



*“Scienza è distinguere quello che si sa da quello che non si sa”*

*Galileo Galilei*



## Sommario

Introduzione .....	6
Parte prima: scienza e conoscenza.....	7
Un problema di definizioni.....	7
Alla base di un concetto di scienza.....	8
Esempi di dispute scientifiche.....	9
Previsione e conoscenza: storia breve del concetto di conoscenza .....	10
Quindi: come avviene il processo della conoscenza: <i>come facciamo</i> a fare previsioni di qualche fenomeno?.....	13
La disputa sugli universali.....	16
Nascita della scienza moderna, positivismo e trionfo dell'induzione.....	17
Parte seconda - Critiche al pensiero induttivista.....	18
Il tacchino induttivista di Russell.....	19
Carl Popper e la falsificabilità .....	20
Critiche a Popper .....	21
Il paradosso del corvo.....	22
Paradosso di Goodman (grue and bleen) .....	23
Parte terza: La costruzione di una teoria scientifica.....	24
Un gioco di carte per creare e smentire una teoria .....	24
Circolarità del metodo scientifico (osservazioni – induzione - teoria – deduzione) .....	27
Interpretazione della realtà ed errori di procedura.....	28
Conclusione .....	30
Bibliografia essenziale.....	31

## Introduzione

La storia inizia quando il mio professore di struttura della materia citò la frase “*contra factum non valet argumentum*”, attribuendola a Tommaso d’Aquino. In realtà la situazione, come venni a scoprire in seguito, è abbastanza più complicata di così, ma lo spunto servì per lasciarmi un tarlo che mi ha perseguitato per anni, nei quali pian piano sono andato ad approfondire alcune questioni legate al processo di conoscenza che erano rimaste in sospeso, e scollegate tra loro, nella mia mente. In questo libro cerco di illustrare il puzzle che ho composto nel tempo, sperando di fare cosa gradita a chi si chiede, primo: cos’è la scienza; secondo, cosa contraddistingue una teoria ‘scientifica’ da una che non lo è. Di questi tempi in cui teorie bislacche e strampalate, cavalcate dai social media, imperversano e condizionano le menti di molti di noi, fare un minimo di chiarezza su cosa è bene considerare attendibile e cosa no mi sembra un passo doveroso.

Il titolo del libro può sembrare a prima vista fuori luogo, tutt’al più buono per un libro di ricette su pollame e cacciagione (anche se non conosco alcuna tradizione culinaria riguardo ai corvidi, che pure sono sempre stati piuttosto numerosi nelle nostre campagne: evidentemente non hanno un buon sapore!). Si riferisce invece a due storielle cardine della filosofia della conoscenza: il tacchino è evidentemente quello di Bertrand Russell, che intendeva smontare la concezione induttivista del processo cognitivo (critica ripresa e sistematizzata da Popper). Il corvo invece è quello di Hempel, che con il suo paradosso recupera in parte la dignità del ragionamento induttivo, come vedremo.

Il discorso è articolato in tre parti: la prima introduce e definisce, per lo meno per quello che riguarda la nostra tesi, alcuni concetti alla base della conoscenza: scienza, conoscenza, i vari tipi di inferenza logica catalogati finora. Per chiarire alcuni passaggi logici si partirà con una breve introduzione sulla storia del pensiero filosofico riguardante il processo della conoscenza e del concetto di induzione logica in particolare.

Nella seconda parte vengono affrontate le critiche mosse al pensiero induttivista nei primi decenni del ‘900 e il loro parziale recupero, principalmente nel secondo dopoguerra.

Nella terza parte si concluderà quindi come è strutturata (cioè elaborata e sottoposta a verifica) una teoria scientifica, paragonandola a teorie non scientifiche quali la teologia, la metafisica, l’astrologia, e via dicendo. Si discuteranno infine i nemici del processo cognitivo che, per quanto si possa cercare di interpretare i fatti osservati in maniera oggettiva, risultano indissolubilmente radicati nella psicologia umana e quindi fuorvianti nella costruzione di una teoria.

## Parte prima: scienza e conoscenza

### Un problema di definizioni

Si parla molto spesso di scienza, di conoscenza, ma raramente ci si sofferma sul significato di questi termini. Cosa distingue la scienza dalla semplice opinione? Il problema se l'erano posto già gli antichi Greci intorno al V secolo a.C., e la discussione è tutt'ora accesa ai giorni nostri: questo testimonia, naturalmente, che il problema è tutt'altro che semplice. Alla voce "Scienza" dell'enciclopedia della scienza e della tecnica edita da Mondadori, la cui prima edizione risale al 1963, Ludovico Geymonat esordisce raccontando che i greci differenziarono la scienza *"dalla tecnica, sostenendo che questa si limita a formulare delle regole pratiche per l'azione, mentre la scienza è indipendente da tutte le applicazioni. La differenziarono dall'opinione, sostenendo che questa enuncia risultati relativi al particolare punto di vista dei singoli ricercatori, mentre la scienza raggiunge verità universalmente e indiscutibilmente valide."*

Avverte però subito dopo che, nei secoli seguenti, sia la distinzione tra scienza e tecnica, sia la netta distinzione tra scienza ed opinione si rivelarono irte di difficoltà, soprattutto riguardo al raggiungimento delle *verità universalmente e indiscutibilmente valide*. In fin dei conti, comunque, evita una proposta di definizione, puntando come riportato prima sullo sviluppo storico della divisione tra scienza, tecnica e opinione.

Cosa sia la scienza, dunque, è un concetto molto difficile da esprimere anche al giorno d'oggi, tanto è vero che non sono riuscito a trovare una definizione chiara e soddisfacente. Possiamo passare in rassegna enciclopedie più o meno famose, ma non troveremo una definizione che permetta una *buona* distinzione tra scienza ed opinione. Cosa si intenda per buona diverrà chiaro, spero, nel seguito del discorso.

Nell'enciclopedia Britannica leggiamo:

*"Science, any system of knowledge that is concerned with the physical world and its phenomena and that entails unbiased observations and systematic experimentation. In general, a science involves a pursuit of knowledge covering general truths or the operations of fundamental laws"*<sup>1</sup>.

Per la Treccani, invece, scienza è lo *"insieme delle discipline fondate essenzialmente sull'osservazione, l'esperienza, il calcolo, o che hanno per oggetto la natura e gli esseri viventi, e che si avvalgono di linguaggi formalizzati"*, il che è quanto meno vago, se non del tutto inutile.

Vediamo subito che queste definizioni non sono soddisfacenti, e per vari motivi: uno, entrambe rimandano al concetto generico e non meglio chiarito di "conoscenza". Nella britannica la voce conoscenza non è nemmeno presente, nella Treccani risulta molto vaga: "Conoscere, come presenza nell'intelletto di una nozione, come sapere già acquisito"... (tra le altre).

Adotteremo allora la convenzione che la scienza sia la *facoltà di prevedere qualche fenomeno a partire da un certo numero di premesse*: il metodo scientifico va distinto dagli scopi e dai prodotti della scienza, esso è *il mezzo* tramite cui questi scopi vengono raggiunti.

Ovviamente, la facoltà di prevedere un certo fenomeno non sarà uguale per tutte le possibili discipline, e nemmeno per problemi diversi nell'ambito della stessa disciplina: ma di questo parleremo alla fine. Per ora basti tenere a mente la definizione che abbiamo dato.

---

<sup>1</sup> *Ogni sistema di conoscenza che riguarda il mondo fisico ed i suoi fenomeni, e che comporta osservazioni obiettive e sperimentazione sistematica. In generale, una scienza comporta la ricerca di una conoscenza che copra verità generali o l'operatività di leggi fondamentali.*

## Alla base di un concetto di scienza

Per immaginare di poter prevedere un fenomeno sulla base di premesse occorre immaginare due capisaldi senza i quali non sembrerebbe avere senso alcuna previsione:

### 1. Causalità della natura

Cioè: è necessaria una causa per ogni evento? Questo principio è stato messo in dubbio da alcune interpretazioni della meccanica quantistica, per le quali alcuni comportamenti su scala molto piccola possono essere spontanei, cioè non prevedibili a priori: ad esempio il decadimento di un isotopo o la cattura di un fotone da parte di una particella. A questo si aggiunge il principio di indeterminazione formulato da Heisenberg, il quale stabilisce che alcune variabili non sono misurabili contemporaneamente con precisione arbitraria: anzi, maggior precisione sulla misura di una comporta intrinsecamente ed inevitabilmente una riduzione sulla misura dell'altra. Non è tuttavia chiaro se questa indeterminazione, che quindi nega l'evidenza di un principio di causalità, sia ontologica o semplicemente gnoseologica, cioè se gli eventi si svolgono proprio in maniera casuale oppure siamo noi che, più semplicemente, non possiamo misurarli e quindi conoscerli. Non è chiaramente possibile affrontare qui questo problema: tanto per dire, esistono decine di interpretazioni della meccanica quantistica ed ancora non c'è accordo nella comunità scientifica su quale sia preferibile!

### 2. Uniformità della natura

Cioè: le leggi che ci aspettiamo di trovare qui ed ora permettono di prevedere fenomeni in ogni luogo ed in ogni tempo? Ad esempio, le costanti della fisica sono le stesse di miliardi di anni fa in un'altra galassia? In realtà non sappiamo se ciò sia vero o no, anzi è da circa un secolo che molti scienziati cercano di rispondere a questa domanda, studiando ad esempio se alcune delle costanti fisiche più importanti sono davvero costanti. In ogni caso, se le leggi non sono valide sempre ed ovunque, esiste una legge che regola questo cambiamento? Il problema si sposta a monte e, ora come ora, non abbiamo idea della risposta. Per approfondire, si suggerisce l'interessante articolo: [http://www.lescienze.it/news/2016/03/12/news/costanti\\_fisica-3012113/](http://www.lescienze.it/news/2016/03/12/news/costanti_fisica-3012113/).

I due principi non sono correlati tra loro: già il filosofo scozzese David Hume, nel secolo XVIII, aveva colto il nesso tra i due. Secondo Hume, il fatto che ad un evento A segua da milioni di anni un evento B non può darci la certezza assoluta che ad A seguirà sempre B e nulla ci impedisce di pensare che un giorno le cose andranno diversamente. Per ovviare a ciò occorre postulare il *principio di uniformità della natura* che si incarichi di mantenere costanti in eterno le leggi della natura, cosa che per Hume non è né intuibile né dimostrabile. Quindi, l'uniformità della natura implica un rapporto di cause ed effetti immutabile nel tempo: per contro, la richiesta di una serie di rapporti di causa-effetto localmente o temporalmente circoscritti risulta una richiesta più debole. Da questo discorso prende spunto il paradosso di Goodman, che esamineremo in seguito.

Tuttavia, a prescindere dalla verità dei due principi enunciati, la definizione di scienza che abbiamo proposto ha senso, poiché la possibilità di predizione di una teoria scientifica è subordinata all'ambito di applicazione che decidiamo di considerare. Infatti, sappiamo oggi che la teoria della gravitazione di Newton non è esatta, e la teoria della relatività generale predice alcuni risultati che questa non spiegava. Tuttavia, a nessuno verrebbe in mente di dire che la meccanica classica non è una scienza: riesce a spiegare in modo mirabile quasi tutti i moti planetari, fino alle comete e oltre. È quindi necessario restringere l'ambito nel quale una teoria opera per far sì che essa permetta ottime previsioni. Forse si rivelerà inesatta anche la relatività generale: non per questo non possiamo dire che non sia scientifica. Resta allora da capire quando una teoria può essere definita scientifica e quando no: è ciò che discuteremo ora.

## Esempi di dispute scientifiche

Si è accennato alle diverse interpretazioni della meccanica quantistica. Tuttavia, quello non è il solo esempio in cui abbiamo assistito a discussioni, durate decenni se non secoli, sui fondamenti di alcune teorie, con alterne fortune come nel caso della natura della luce o sull'interpretazione dell'esperimento di Foucault.

### La natura della luce

Per secoli si è dibattuto sulla natura della luce. Newton immaginava i raggi composti da minuscoli proiettili lanciati dalla sorgente luminosa; per contro Fresnel, Young, Foucault, Maxwell la consideravano come un'onda, tanto che le equazioni di Maxwell permettono previsioni strabilianti sul comportamento dei campi elettromagnetici utilizzando le equazioni delle onde. Questo sembrò risolvere il problema, quando a inizio '900 emersero alcune stranezze che non potevano essere spiegate con la teoria ondulatoria, ma si potevano facilmente spiegare con la teoria corpuscolare... sembrava necessario un ritorno al modello di Newton! Ma come conciliare il fatto che le equazioni di Maxwell funzionavano così bene quasi per tutto? Il grande dilemma era dato dal fatto che alcune proprietà (diffrazione, interferenza) possono essere spiegate immaginando un'onda, mentre altre (effetto fotoelettrico, processi di assorbimento ed emissione) si spiegano pensando i raggi come corpuscoli. Nel 1925 venne osservato che anche gli elettroni (particelle a tutti gli effetti) si comportano come onde, mostrando fenomeni di interferenza. Da allora si è fatto strada il concetto di 'dualismo' onda-corpuscolo, e cioè che la radiazione elettromagnetica è sì composta da 'proiettili', ma che questi si comportano come un'onda. Fu De Broglie a formulare l'ipotesi risolutiva per cui ogni corpo in realtà ha un'onda associata: nel mondo macroscopico questa onda diviene tuttavia così insignificante da giustificare il fatto di non avere nessun ruolo nella meccanica classica; Niels Bohr chiamò questa caratteristica 'complementarietà'. E da allora, anche senza capire esattamente cosa succeda nel mondo microscopico ci accontentiamo del principio di complementarietà.

*"Gli atomi e le particelle elementari non sono reali in sé; formano un mondo di potenzialità e possibilità, piuttosto che cose o fatti"*

Werner Heisenberg

*"Chiunque non sia scioccato dalla meccanica quantistica non l'ha ancora capita"*

Niels Bohr

*"Penso di poter dire senza timore di smentite che nessuno capisce la meccanica quantistica"*

Richard Feynman

### Modello copernicano e tolemaico

La fondamentale opera di Copernico, pubblicata più o meno quando lui era sul punto di morte e preceduta da un'introduzione che poneva il modello copernicano come un mero esercizio di calcolo, non ebbe sul momento l'effetto che ci aspetteremmo. I calcoli di Copernico non portavano vantaggi assoluti rispetto a quelli di Tolomeo tanto da giustificare un abbandono immediato delle vecchie convinzioni, tanto più che anche Aristotele, e con lui tutta la concezione cosmologica medievale - araba e cristiana - erano legate alla struttura tolemaica (Sole al centro e pianeti che giravano in cerchi perfetti attorno ad esso), e questo rendeva ovviamente molto più difficile distaccarsi da credenze che sembravano inintoccabili per i secoli a venire. Ci vollero le opere di altri giganti come Giordano Bruno, Tycho Brahe, Galileo Galilei e Giovanni Keplero per far accettare a tutto il mondo che il modello di Copernico era corretto. Questa vicenda ci fa capire come a volte tutta la società umana è permeata di convinzioni che, pur non corrette, necessitano di forze sovrumane per essere scardinate.

## Previsione e conoscenza: storia breve del concetto di conoscenza

Possiamo prendere come esempio dal mondo animale e vegetale la capacità di prevedere un fenomeno sulla base dell'esperienza passata. Seppure una gallina non è in grado di prevedere il tempo atmosferico per il giorno successivo, quasi tutti gli animali si comportano in modo da prevedere l'esito delle loro azioni, per lo meno le più immediate. Potremmo definire allora l'intelligenza come la facoltà di prevedere? Ossia, per la nostra definizione, elaborare una teoria scientifica?

Gli etologi hanno escogitato astuti esperimenti per valutare i meccanismi di apprendimento degli animali, con interessanti risultati, la cui discussione non possiamo però approfondire qui. Ci basti osservare che, in generale, il comportamento animale è strettamente legato alla selezione naturale: infatti, solo se la reazione a uno stimolo ambientale è adeguata, l'individuo riesce a sopravvivere, altrimenti muore. Ciò ha sicuramente selezionato, nel tempo, alcune risposte innate a determinati stimoli (l'imprinting), mentre per situazioni più complesse, o comunque meno comuni, gli animali apprendono dall'esperienza. In questo possiamo dire che il loro ragionamento è probabilmente essenzialmente induttivo.

Per approfondire l'argomento, si rimanda ai seguenti link:

<http://online.scuola.zanichelli.it/barbonescienzeintegrate/files/2010/04/Etologia1.pdf>

<http://www.riservadelladuchessa.it/etologia/comportamento-animale.php?etologia=apprendimento-animale>

<http://www.sapere.it/enciclopedia/apprendim%C3%A9nto+%28etologia%29.html>

Ad un certo punto della sua storia, homo sapiens si è chiesto come funzioni il meccanismo dell'apprendimento: dall'osservazione di una moltitudine di particolari (accidenti), si giunge a generalizzare una proprietà: il che equivale all'abilità di fare una previsione.

- A detta di Aristotele, è stato Socrate a mettere a fuoco il meccanismo del metodo induttivo.
- Per Platone, l'idea universale è insita da prima della nascita, e ogni volta che vediamo un particolare lo riconosciamo proprio in virtù del fatto che abbiamo una vaga reminiscenza dell'universale. Questa idea è destinata a restare, rimasticata in forme sempre diverse, fino ai giorni nostri: basti pensare al neoplatonismo e al problema della disputa sugli universali che ha impegnato fino a tutto il medioevo le più valenti menti europee; ha fatto poi di nuovo capolino nel '900 a proposito dell'interpretazione della meccanica quantistica (Cassirer, 1937).
- Con Aristotele il discorso si complica, e viene introdotta la deduzione come ulteriore processo conoscitivo. Secondo Aristotele, infatti, la conoscenza può procedere con tre paradigmi. Ma la vera conoscenza è deduttiva, cioè ci permette di dedurre cose vere date premesse vere. Ciononostante, né l'induzione né la deduzione rappresentano una vera conoscenza, che avviene invece per intuizione intellettuale. *L'esperimento non è concepito*, infatti riguardo la fisica dice varie fesserie. Ad esempio, la concezione della caduta dei gravi è in Aristotele semplicemente assurda, e avrebbe potuto dimostrarlo facilmente anche al suo tempo. Prendiamo un libro ed un segnalibro di carta, uno in ogni mano, e lasciamoli cadere. Come ci aspettiamo, il libro cadrà prima del segnalibro. Aristotele interpreta questo come una chiara prova del fatto che i corpi più pesanti cadono più in fretta di quelli leggeri perché sono maggiormente attratti dalla loro posizione naturale, che è il centro della Terra. Sarebbe stato sufficiente che avesse provato a poggiare il segnalibro sopra il libro e farli cadere per confutare questa teoria... provate per credere. Magari al suo tempo un mattone e una piuma sarebbero stati di più facile reperibilità!

- Altri greci (Aristarco, Eratostene, Archimede, ...) realizzarono teorie stupefacenti riguardo la cosmologia, forma e dimensioni della Terra, distanza Terra-Luna, distanza Terra-Sole, sebbene non fossero (a quanto pervenuto) molto interessati alla disputa sul metodo conoscitivo.
- Dopo l'epoca greca, lo spirito pratico dei romani, lodevole sotto molti aspetti, fu però assai carente per quanto riguarda le speculazioni filosofiche sulla conoscenza. Felici eccezioni furono Seneca, Lucrezio, Plinio, seppure in loro la riflessione sulla conoscenza non sia sui fondamenti.
- Con Boezio (ca. 475-526 e.v.) si assiste alla fine della filosofia classica; da allora in poi per molto tempo saranno scritti solo commentari, principalmente ad Aristotele, e rimasticature ad uso manualistico. Dal nostro punto di vista, tuttavia, è molto importante l'opera di Porfirio di Tiro (233 - 305 e.v.) come commento ad Aristotele (270 e.v. , tradotta in latino proprio da Boezio). Con Porfirio si pone il problema degli universali, che è strettamente correlato al processo di conoscenza e di induzione.
- Dopo la caduta dell'impero di Occidente in Europa si perde la capacità di leggere il greco, e si perde di fatto quasi totalmente la nozione degli scritti greci, a parte quelli di interesse per i cristiani che vengono tradotti in latino.
- Parte dell'Europa (Sicilia, Spagna) è conquistata dagli arabi, che conoscono il greco e traducono molte opere, ma per ovvie ragioni non ci sono scambi significativi con il resto d'Europa.
- Dal 500 al 900 assistiamo al declino delle città occidentali, ed il sapere si rifugia nei monasteri. Il punto di svolta per la scienza occidentale è dovuto a Carlo Magno, il quale stabilì che tutte le cattedrali e i monasteri creassero scuole per chierici (scuole cattedrali, ovvero università cattedrali).
- Dopo il mille, con la *reconquista* dei territori sotto il dominio arabo, tra cui Spagna e Sicilia, si venne a disporre di una enorme quantità di scritti antichi, sia in greco che in arabo, sia classici che originali. E' in questo periodo che si assiste al fiorire delle traduzioni in latino.
- Nelle scuole cattedrali, molti maestri si distinsero per cultura e interessi. Rinacque così uno spirito positivo attorno alle spiegazioni della natura e alla matematica. A tale proposito, è da citare la disputa tra Ragimboldo di Colonia e Radolfo di Liegi sulla diagonale del quadrato (1025), espressa attraverso un carteggio in cui si affrontava il problema se la diagonale del quadrato potesse essere espressa tramite una frazione. Nessuno dei due aveva basi solide di matematica, ma il punto che ci interessa è la disputa in sé, che testimonia la rinascita dell'interesse su questioni teoriche, anche lontane dalla teologia.
- Dalle scuole cattedrali si assiste alla nascita delle università e della filosofia scolastica (che proprio dalle scuole cattedrali prende il nome). Il fatto che la laurea fosse riconosciuta in tutta Europa, e quindi un laureato potesse insegnare in una qualsiasi università rese la cultura Europea molto più coesa di quanto non fosse mai stata, se non altro dalla fine dell'impero romano. Secondo Grant, la creazione, nel Medioevo, di un ambiente sociale idoneo a consentire lo sviluppo, nel secolo XVII, di una rivoluzione scientifica esigeva la presenza di almeno tre condizioni fondamentali: 1) la traduzione in lingua latina dei testi greco-arabi di scienza e di filosofia naturale; 2) la creazione delle università medievali; 3) l'emergere di filosofi teologico-naturali.
- In questo percorso fu, forse paradossalmente, importante il ruolo del Cristianesimo. La filosofia cristiana, abituata a scendere a patti con il paganesimo, non fu turbata più di tanto dall'adozione dell'aristotelismo (vedi ad esempio la concezione dei cieli e degli inferi in Dante), al contrario

dell'Islam in cui matematica era molto sviluppata ma le scienze naturali erano di fatto bandite a quasi tutti). Importante punto di contatto tra le due filosofie era il concetto di eternità del mondo.

- Con Roberto Grossatesta (~1200) e la scolastica si inaugura l'era dell'esperimento controllato per verificare (per Crombie addirittura falsificare!) una teoria. Sono in questo ambito da ricordare, assieme a Grossatesta, Ruggero Bacone e Guglielmo di Occam tra i più insigni filosofi naturali del medioevo, che fecero sì che la filosofia naturale assurgesse ad un'autonomia rispetto alla teologia e al resto della filosofia.

È degna di menzione la lettera che Roger Bacon scrisse a papa Clemente IV per presentargli il suo "opus minor", in cui spiega che: *"Tutte le scienze, all'infuori di essa [la scienza sperimentale], o si servono solo di argomentazioni per dimostrare le proprie conclusioni, come fanno le scienze speculative, oppure adducono esperienze generali e imperfette. Ma solo l'esperienza rigorosa consente alla mente di riposare nella luce della verità, come si dimostra con certezza proprio in tale parte"*.

L'ideale della filosofia naturale consisteva nell'usare soltanto argomenti ragionati; la filosofia naturale del Medioevo fu essenzialmente razionale: i filosofi naturali ritenevano doveroso usare la ragione, e non ricorrere alla fede, nelle loro argomentazioni. Nicola di Oresme invocò la ragione per respingere gli argomenti aristotelici favorevoli all'eternità del mondo: «Voglio dimostrare l'opposto secondo la filosofia naturale e la matematica».

- I preliminari di una rivoluzione si attuano tramite Copernico, che nel 1543 pubblica il *"de revolutionibus orbium coelestium"*, che riprende la teoria eliocentrica di Aristarco, giustificandola però con calcoli quantitativi. È importante sottolineare però che l'opera circolò a lungo in forma anonima, e fu pubblicata solo quando Copernico era già in fin di vita, probabilmente per l'insistenza del suo allievo Rheticus. Per di più, venne corredata da una prefazione in cui si presentava il modello come un mero esercizio di calcolo, e non voleva risultare un'ipotesi alternativa al modello tolemaico-aristotelico. Questa accortezza permise all'opera di non finire all'indice fino al 1616.
- L'atteggiamento di critica alla filosofia naturale aristotelica, e quindi cristiana, basandosi sull'osservazione del mondo e del ragionamento giunse al culmine con Giordano Bruno alla fine del XVI secolo. Giordano Bruno confuta l'asserzione di Aristotele sul fatto che la Terra deve essere ferma perché lasciando cadere un sasso questo non 'resta indietro' alla direzione del movimento terrestre. Egli si imbarca su una nave, e lascia cadere un sasso dall'albero maestro mentre la nave è in movimento: il fatto che il sasso cada esattamente accanto all'albero introduce la relatività del moto, che sarà ripresa e formalizzata da Galileo Galilei. Da qui alla conclusione che la Terra non è immobile, quindi non privilegiata nello spazio, fu tutt'uno: questo lo portò a ipotizzare un universo composto da infiniti mondi, in cui l'uomo, in comunione con un dio interno alla natura e partecipe all'ordine delle cose risulta il vero centro divino. Come è comprensibile, una tale concezione non era vista di buon occhio dalla Chiesa e l'accusa di eresia lo portò sul rogo il 17 febbraio del 1600.
- Da Galilei (~1600) in poi l'idea di esperimento si lega indissolubilmente a quella di scienza e di linguaggio matematico, il che emerge soprattutto con Newton (1700). Nasce quindi la scienza sperimentale, in cui i modelli matematici sono creati per adattarsi agli esperimenti. Con Newton si assiste ad un connubio senza precedenti tra i metodi matematici e i modelli fisici: questo da un lato comportò un salto notevole nelle capacità predittive delle teorie, dall'altro la complessità delle tecniche matematiche rese, da quel momento in poi, lo studio della filosofia naturale non più accessibile a tutti. Questo comporta anche una divergenza tra il mestiere di scienziato, dedito a calcoli ed esperimenti, e quello di filosofo, dedito invece alla riflessione sui principi della conoscenza, destinata ad accentuarsi sempre più nel tempo.

- Francesco Bacone, più o meno contemporaneo di Galilei, sottolinea le finalità pratiche del sapere e riprende il tema della conoscenza, contrapponendo il metodo induttivo fondato sull'esperienza all'astrattezza del metodo sillogistico-deduttivo della scienza aristotelica (*Novum Organum*, 1620). Egli distingue la *pars construens* dalla *pars destruens* all'interno del processo di conoscenza, mettendo a fuoco il meccanismo di induzione e deduzione, anche se li considera come processi separati e opposti:  
*“Due sono, e due sole possono essere, le vie per la ricerca e la scoperta della verità. L'una dal senso e dai particolari passa subito agli assiomi generalissimi, e giudica secondo tali principi, fissati nella loro immutabile verità, ricavandone gli assiomi minori: questa è la via più comunemente seguita. L'altra dal senso e dai particolari trae gli assiomi risalendo per gradi ed ininterrottamente la scala della generalizzazione, fino a pervenire agli assiomi generalissimi: questa è la vera via, benché intentata.”* (*Novum Organum*)  
 Bacone inoltre anticipa alcuni importanti temi della psicologia cognitiva, in particolare quelli che verranno individuati come *bias cognitivi*, di cui discuteremo più avanti.
- Hume (~ 1750) torna ad affrontare il problema della conoscenza, in particolare al problema dell'induzione. Egli infatti pensa che l'induzione funzioni grazie alla cosiddetta 'uniformità della natura', cioè che la natura funzionerà per sempre come ha fatto finora. Credere in questo principio è un atto di fede che non ha giustificazione razionale; purtroppo, è il massimo cui possiamo aspirare e ci dobbiamo accontentare.
- Peirce (>1850) ragiona sull'abduzione e la pone come base del ragionamento scientifico (Contemporaneo di Arthur Conan Doyle!).
- Russell e Popper (>1900) attaccano ferocemente il principio di induzione e si arriva alla falsificabilità come criterio perché una teoria sia accettabile.
- Feyerabend (>1950) osserva che la maggior parte delle teorie moderne non ammette falsificabilità così netta!
- Carnap, Hempel (>1950), Nicod, Goodman ragionano ancora sulla validità dell'induzione e in parte la recuperano.
- Più recentemente ancora, l'induzione viene utilizzata per l'apprendimento automatico delle macchine (es.: teoria di Solomonoff) e lo sviluppo dell'intelligenza artificiale.

Conclusione di Hume: Non esiste una giustificazione *logica* che permetta con certezza di trarre da un numero finito di osservazioni una conclusione generale valida in un numero infinito di casi. Se osservo il Sole sorgere ogni giorno, posso intuitivamente concludere che lo farà anche domani, ma non potrò mai esserne rigorosamente certo (vedi il paradosso di Goodman).

**Quindi: come avviene il processo della conoscenza: *come facciamo a fare previsioni di qualche fenomeno?***

Aristotele, negli *Analitici primi*, riconduce il nostro ragionamento conoscitivo a uno dei tre schemi seguenti:

- Deduzione
- Induzione

## – Abduzione

La deduzione è ben nota ed è un ragionamento 'esatto', ma tautologico! Facciamo un esempio tratto dal libro di Okasha "il primo libro di filosofia della scienza":

- Tutti i francesi amano il vino rosso
- Pierre è francese
- Quindi, Pierre ama il vino rosso

La conclusione cui si giunge dalle due premesse è sempre vera, ma non aggiunge nulla a ciò che sapevamo già. Vediamo come si può ragionare in maniera diversa:

- Tutte le uova hanno la stessa data di scadenza
- Le prime cinque uova della scatola erano marce
- Anche il sesto uovo sarà marcio

In questo caso le due premesse non comportano necessariamente la conclusione, perché non siamo sicuri che anche il sesto uovo sarà marcio. Tuttavia, questo modo di ragionare ci porta informazioni supplementari a quelle date nelle premesse: sarei pronto a scommettere che il sesto uovo è marcio. Questo tipo di ragionamento, detto induzione, è il più immediato e probabilmente più antico: se vedo che ogni volta un sasso lanciato in aria cade al suolo, immagino che anche la prossima prova avrà lo stesso esito. Francesco Bacone (nel *novum organum*) osservava che la logica aristotelica, basata sulla deduzione, è buona per battere un avversario in una disputa, viceversa l'induzione costringe la Natura a palesarsi. John Locke (saggio sull'intelletto umano, 1690) rincara la dose, osservando che: *"quando cercano la verità, gli uomini non usano mai il sillogismo per convincere se stessi o per insegnare agli altri a istruire chi vuole imparare. Infatti prima di porla in forma sillogistica, essi devono vedere la connessione che c'è fra l'idea intermedia e le due altre idee fra le quali essa è posta e alle quali è applicata per mostrare il loro accordo; e, quando la vedono, vedono pure se l'inferenza è buona o no e così il sillogismo arriva troppo tardi per stabilirla"*.

L'abduzione è meno conosciuta e merita un'introduzione. Essa è anche detta *ipotesi*, o *retroduzione*, ed è il terzo tipo elementari di inferenza a disposizione della mente umana, e basa la conclusione sulla base del fatto che questa costituisce la migliore spiegazione di fatti già noti: quindi è un argomento la cui conclusione non è certa, ma solo probabile. Peirce la considera il primo passo del ragionamento scientifico: viene stabilita una ipotesi abduittiva per spiegare certi fatti empirici che la suggeriscono.

Formalmente è un procedimento logico analogo a deduzione e induzione, perciò è un argomento che trae una conclusione da due premesse: essa è "l'inferenza di un caso da una regola e da un risultato". Vediamo in dettaglio come si comportano i tre tipi di ragionamento utilizzando tre proposizioni. Una sarà la *regola*: "tutti i fagioli di questo sacchetto sono bianchi" cioè una legge universale.

La seconda proposizione descrive cosa si è fatto nell'esperimento: "questi fagioli vengono da questo sacchetto", e rappresenta il *caso*; la terza invece descrive l'osservazione: "questi fagioli sono bianchi", e viene detta *risultato*.

Arrangiando diversamente l'ordine di queste proposizioni troviamo le tre classi di ragionamento:

- Deduzione:

1. Tutti i fagioli di questo sacchetto sono bianchi (regola)

2. Questi fagioli vengono da questo sacchetto (caso)

---

3. Questi fagioli sono bianchi (risultato)

• Induzione:

1. Questi fagioli vengono da questo sacchetto (caso)

2. Questi fagioli sono bianchi (risultato)

---

3. Tutti i fagioli di questo sacchetto sono bianchi (regola)

• Abduzione:

1. Tutti i fagioli di questo sacchetto sono bianchi (regola)

2. Questi fagioli sono bianchi (risultato)

---

3. Questi fagioli vengono da questo sacchetto (caso)

Come negli esempi precedenti, notiamo che la deduzione è esatta, ma non porta a conclusioni che aggiungono informazioni a ciò che già sapevamo; l'induzione ci propone una regola in base al caso e al risultato, ma non siamo sicuri che sia così; infine l'abduzione ci porta alla conclusione più semplice dati la regola ed il risultato. Questo tipo di ragionamento è in realtà quello che compie Sherlock Holmes, nonostante egli lo chiami deduzione. È interessante notare che Conan Doyle era contemporaneo di Peirce, seppure uno inglese e l'altro statunitense. Anderson, Schum & Twining (in "Analysis of Evidence" 2nd ed., Cambridge University Press, pag. 58: [codolc.com/books/Analysis\\_of\\_Evidence.pdf](http://codolc.com/books/Analysis_of_Evidence.pdf)) osservano che:

*"It happens that, at the same time Peirce was developing his thoughts about abductive reasoning, across the Atlantic Sir Arthur Conan Doyle was developing the character of Sherlock Holmes. There is no evidence that Peirce and Conan Doyle each knew of the other's work. Though Holmes describes his reasoning feats as "deductions," it is clear that the form of his reasoning was abductive in nature."*

Visto che una teoria scientifica *prevede* un certo comportamento mediante una legge generale, la deduzione permette di applicare questo ragionamento a tutti i casi particolari. Ma come facciamo a conoscere la legge generale? È evidente che prima di poterla applicare la dobbiamo immaginare. E come immaginarla, se non mediante induzione su tutti i casi che conosciamo? Quindi il ragionamento induttivo sembra essere alla base del ragionamento scientifico. Ci si può allora chiedere:

1. Perché possiamo dire che un ragionamento induttivo è buono?
2. Cosa distingue una buona induzione da una cattiva?

## La disputa sugli universali

Lasciata la Grecia classica e i commentari di epoca romana, il ragionamento sulla conoscenza, ed in particolare sul ruolo dell'induzione, riprese nel Medioevo, anche se sotto una forma apparentemente differente, ma in realtà intimamente collegata alla natura della conoscenza induttiva. Nelle università medievali molte questioni filosofiche venivano affrontate mediante dibattiti (*disputationes*) in cui gruppi di studiosi si contrapponevano mediante discussioni. In queste discussioni venivano proposti e discussi i pro e i contro della questione in oggetto, principalmente di argomento teologico o relativo alla natura. Il dibattito sugli universali fu uno dei più accesi, e tenne banco all'interno delle scuole europee per molti secoli. La questione nacque dalla lettura di un passo di Porfirio, tradotto e commentato in latino da Boezio, riguardo all'analisi di un testo aristotelico, le Categorie. Il problema che veniva posto era riguardo l'esistenza o meno di realtà universali. Dice Porfirio (Isagoge 1):

*«Per il momento, mi rifiuto di parlare, per quanto riguarda generi e specie, se essi sussistano o se siano nudi e isolati concetti puri; e, se sussistono, se siano materiali o immateriali; o se siano separati o incorporati negli oggetti sensibili, ed altri argomenti correlati. Questo tipo di problema è uno dei più profondi che vi siano, e richiede indagini più ampie».*

Facciamo un esempio: dall'esperienza della conoscenza di molte realizzazioni di un concetto (prendiamo ad esempio tutti gli esseri umani), è possibile identificare un'idea generale di essere umano? Certamente sì, ed è evidente che questo problema è strettamente collegato a quello dell'induzione: vedendo una grande quantità di casi, senza neanche accorgercene siamo in grado di distillare ciò che è comune ad esse e filtrare le differenze che si presentano di volta in volta, fino ad elaborare l'idea universale, cioè "Ciò che è comune a più realtà individue, per es., la (o le) proprietà che definiscono una classe particolare di individui, un genere o una specie." (Dizionario di filosofia Treccani, 2009)

Il problema è se questa idea sia una pura astrazione della nostra mente oppure se esista in sé: in tal caso, possiede essa un'esistenza separata dalle realizzazioni (idee di derivazione platonica) oppure se sia essa insita nelle cose stesse (come le forme di Aristotele)?

Le fazioni che si contrapponevano erano quelle dei realisti e dei nominalisti. I primi sostenevano, a partire dalla filosofia di Platone, che gli universali esistono in qualche modo a prescindere dalla nostra conoscenza, hanno cioè una valenza ontologica. I nominalisti invece sostenevano che l'universale fosse esclusivamente una creazione astratta del nostro intelletto. Tra i realisti, poi, c'era una tendenza estrema a considerare gli universali come sussistenti fuori dalla mente ed esistenti in sé, separatamente dalle cose (*ante rem*). Questa era una soluzione essenzialmente Platonica, in cui gli universali sono di fatto le idee tramite cui Dio ha creato il mondo: in questo senso, solo gli universali sono reali, mentre le singole cose ne costituiscono solo una realizzazione accidentale. Anselmo d'Aosta e Guglielmo di Champeaux furono i principali fautori di questa prospettiva.

Altri realisti proponevano un approccio più moderato, e cioè che gli universali esistessero all'interno delle cose (*in re*): cioè gli individui, o le cose, sono reali ma portano con loro gli universali come principi organizzatori interni (un'ottica più aristotelica). Tommaso d'Aquino fu portavoce di questa visione, e lo stesso Guglielmo di Champeaux si allineò in seguito sulle sue posizioni.

I nominalisti, invece, sostenevano che gli universali non esistessero di per sé ma solo in intellectu, cioè nella nostra mente e, pur non avendo consistenza ontologica manifestano una utilità logico-gnoseologica. Guglielmo di Occam fu il più celebre sostenitore di questo tipo di nominalismo, che possiamo definire moderato. Una posizione più estrema del nominalismo, infatti, sosteneva che gli esseri non esistano che in forma individuale (*nihil est praeter individuum*), negando anche l'utilità conoscitiva agli universali, ridotti a nomi senza alcun corrispettivo reale (tesi sostenute da Roscellino).

Alla fine vinse il nominalismo anche se, sotto diverse forme di idealismo, la corrente realista si è più volte riproposta nei secoli a venire.

### Nascita della scienza moderna, positivismo e trionfo dell'induzione

Una magistrale pagina di Galileo Galilei, contenuta nel “dialogo sopra i massimi sistemi”, segna un punto di svolta nella storia della scienza, anche se questa osservazione era già stata fatta da Giordano Bruno, e Galileo lo sapeva bene:

*“Riserratevi con qualche amico nella maggiore stanza che sia sotto coverta di alcun gran navilio, e quivi fate d’aver mosche, farfalle e simili animalletti volanti; siavi anco un gran vaso d’acqua, e dentrovi de’ pescetti; suspendasi anco in alto qualche secchiello, che a goccia a goccia vadia versando dell’acqua in un altro vaso di angusta bocca, che sia posto a basso: e stando ferma la nave, osservate diligentemente come quelli animalletti volanti con pari velocità vanno verso tutte le parti della stanza; i pesci si vedranno andar notando indifferentemente per tutti i versi; le stille cadenti entreranno tutte nel vaso sottoposto; e voi, gettando all’amico alcuna cosa, non più gagliardamente la dovrete gettare verso quella parte che verso questa, quando le lontananze sieno eguali; e saltando voi, come si dice, a piè giunti, eguali spazii passerete verso tutte le parti. Osservate che avrete diligentemente tutte queste cose, benché niun dubbio ci sia che mentre il vassello sta fermo non debbano succeder così, fate muover la nave con quanta si voglia velocità; ché (pur che il moto sia uniforme e non fluttuante in qua e in là) voi non riconoscerete una minima mutazione in tutti li nominati effetti, nè da alcuno di quelli potrete comprender se la nave cammina o pure sta ferma. Voi saltando passerete nel tavolato i medesimi spazii che prima, nè, perché la nave si muova velocissimamente, farete maggior salti verso la poppa che verso la prua, benché, nel tempo che voi state in aria, il tavolato sottopostovi scorra verso la parte contraria al vostro salto; e gettando alcuna cosa al compagno, non con più forza bisognerà tirarla, per arrivarlo, se egli sarà verso la prua e voi verso la poppa, che se voi fuste situati per l’opposito; le goccioline cadranno come prima nel vaso inferiore, senza caderne pur una verso poppa, benché, mentre la gocciola è per aria, la nave scorra molti palmi; i pesci nella loro acqua non con più fatica noteranno verso la precedente che verso la susseguente parte del vaso, ma con pari agevolezza verranno al cibo posto su qualsivoglia luogo dell’orlo del vaso; e finalmente le farfalle e le mosche continueranno i lor voli indifferentemente verso tutte le parti, né mai accaderà che si riduchino verso la parete che riguarda la poppa, quasi che fussero stracche in tener dietro al veloce corso della nave, dalla quale per lungo tempo, trattenendosi per aria, saranno state separate [...].”*

Come abbiamo visto, la critica maggiore degli aristotelici alle teorie su una Terra in moto riguardava proprio il fatto che i gravi in caduta non “rimanevano indietro”. Prima Bruno, poi Galilei, notarono che su una nave ogni oggetto cade esattamente sulla verticale (per chi osserva dalla nave stessa), e utilizzarono questa osservazione per confutare la teoria della Terra immobile. Anche i suoi attacchi alla teoria aristotelica della caduta dei gravi partono da uno di questi ‘esperimenti mentali’. L’esperimento mentale consiste nel dedurre mediante sillogismo, da una stessa regola e due casi differenti, due risultati contraddittori: il che non può che invalidare la regola!

Poiché la legge accettata fino allora prevedeva che la velocità di caduta fosse proporzionale al peso di un oggetto, Galileo immaginò di legare un oggetto leggero ed uno pesante e lasciarli cadere. Secondo la legge aristotelica, il corpo più pesante dovrebbe cadere più velocemente del leggero ma, essendo legati assieme, il più leggero ostacolerà il moto del pesante, e la velocità del corpo unito deve allora essere compresa tra le due velocità singole. D’altra parte, però, il corpo unito risulta più pesante di ognuno dei due, per cui dovrebbe cadere più velocemente di entrambi! E’ evidente che questa legge porta ad un paradosso, e quindi non può che essere sbagliata...

Con questi ragionamenti Galileo inizia la critica al pensiero aristotelico, cui si affianca sperimentalmente il lavoro delle misure dei tempi di percorrenza dei corpi lungo un piano inclinato. Per poter misurare il

tempo, Galileo dovette inventare un orologio ad acqua, in cui la misura di tempo si convertiva in una misura del peso delle gocce d'acqua cadute. Nessuno prima aveva compiuto una misura per elaborare una legge!

Con Galileo quindi nasce l'esperimento, ma è un esperimento volto a costruire la legge. Fino a tutto il XIX secolo, gli esperimenti servivano a costruire leggi, e si giunse a considerare le leggi come esatte, in quanto erano state costruite in base ad esperimenti, che quindi le confermavano. I grandi progressi predittivi delle scienze e le innovazioni tecnologiche che ne scaturirono contribuirono a costruire un quadro in cui la conoscenza umana si apprestava a raggiungere la perfezione, una volta eventualmente raffinati i modelli e calcolate meglio le costanti. James Clerk Maxwell, all'inaugurazione dei laboratori Cavendish, nel 1871, affermava:

*“È opinione che entro pochi anni tutte le grandi costanti fisiche saranno state valutate e la sola cosa che resterà da fare agli scienziati sarà quella di raffinare la loro misura di un altro decimale.”*

L'idea generale era infatti quella che i fondamenti alla base della meccanica, della termodinamica e dell'elettromagnetismo fossero esatti. Restava tutt'al più da risolvere alcune questioni marginali legate all'etere, alla cosiddetta 'catastrofe ultravioletta' e alla precessione di Mercurio, ma erano cose di poco conto che si sarebbero sistemate nel giro di qualche decennio. Ma fu proprio su queste questioni marginali che avvenne il terremoto!...

## Parte seconda - Critiche al pensiero induttivista

Dopo i successi predittivi della scienza classica (meccanica nel 1700, elettromagnetismo e termodinamica nel 1800), in pochi anni si assistette a una serie di esperimenti che ribaltarono completamente ciò che si pensava fosse ormai assodato. Emersero infatti nuove teorie che prevedevano e spiegavano queste nuove osservazioni, ma comprendevano anche le leggi classiche!

### Michelson e Morley e l'etere

Le equazioni di Maxwell, formalizzate poco dopo la metà dell'800, riassumevano in maniera sublime ed elegante tutto ciò che era stato scoperto dall'inizio del secolo attorno ai fenomeni elettrici e magnetici. Si era capito che la luce era di fatto un'onda, e come tutte le onde ha bisogno di qualcosa di elastico mediante cui propagarsi (si pensi a un metallo, una corda, l'aria). Solo che questo qualcosa nessuno sapeva come dovesse essere fatto: questo supporto venne chiamato etere. Nel 1881 Michelson e Morley condussero un esperimento molto raffinato per misurare il moto relativo della Terra rispetto all'etere: fu il più famoso e proficuo esperimento non riuscito della storia! Infatti trovarono che la luce si muoveva alla stessa velocità in tutte le direzioni, minando alle fondamenta le concezioni della fisica di allora. Questo costrinse la comunità scientifica ad elaborare nuove teorie che culminarono con la formulazione della relatività ristretta da parte di Albert Einstein!

### Planck e la catastrofe ultravioletta

Dalle conoscenze di fine ottocento si poteva dedurre che un qualsiasi corpo emette radiazione solo in virtù del fatto di avere una temperatura maggiore dello zero assoluto, essendo costituito da minuscole cariche in movimento. Il problema, che sembrava marginale fino all'inizio del 1900, era che la teoria derivata da equazioni di Maxwell prevedeva una emissione tanto maggiore quanto minore è la lunghezza d'onda, il che comporta che l'energia emessa da ogni corpo sia infinita (da cui il nome di catastrofe ultravioletta)! Ovviamente questo non si osserva in natura, e il problema sembrava talmente insormontabile che si pensava dovesse esserci qualche svista grossolana nei conti o nell'impostazione del problema. Tuttavia, nel

1905 Einstein notò che questo problema si poteva risolvere utilizzando l'ipotesi dei quanti proposto da Planck cinque anni prima.

### **Einstein e l'effetto fotoelettrico**

Nel 1887 Hertz scoprì che la scarica sui conduttori nelle vicinanze di una scintilla si intensificava se questi erano illuminati da luce ultravioletta. Negli anni si accumularono altre esperienze che dimostravano che in presenza di luce ultravioletta alcuni materiali conduttori si comportavano in maniera incomprensibile e non spiegabile dalle conoscenze maturate fino allora. Anche in questo caso, nel 1905 Albert Einstein notò che l'introduzione dell'ipotesi dei quanti avrebbe spiegato questi comportamenti in maniera alquanto semplice: l'unico problema era che la teoria dei quanti non aveva alcuna giustificazione alla luce delle teorie di allora.

### **Einstein e la relatività generale**

L'astronomo francese Le Verrier si accorse, attorno alla metà dell'800, che l'orbita di Mercurio (un'ellisse, come tutte le orbite planetarie), tende a ruotare (fenomeno detto precessione del perielio) con una velocità maggiore di quanto previsto dalla legge di Newton. Per spiegare questo fenomeno furono proposte varie soluzioni, da un errore sulla stima della massa di Venere ad una correzione all'equazione della legge di gravità. Nessuna di queste proposte, però, resistette alla prova dei fatti, tanto che la spiegazione della precessione del perielio di Mercurio rimase un mistero per vari decenni. Finché, nel 1919, il solito Einstein riuscì a dimostrare che la teoria della relatività generale permetteva di calcolare questo valore con una precisione incredibile. Questo però significava che la teoria di Newton, che sembrava ormai imbattibile visto l'alto numero di previsioni che aveva permesso fino ad allora... era sbagliata! O quanto meno, non così generale come si riteneva.

In tutti questi casi, il disaccordo apparentemente innocuo di una piccola serie di osservazioni rese necessario ripensare tutto quanto si pensava di conoscere riguardo le onde elettromagnetiche e alla teoria della gravitazione... Alcuni si chiesero allora come e quando possiamo essere sicuri che una teoria sia veramente 'corretta'. E soprattutto: se possiamo! Iniziò quindi una stagione di critiche più o meno serrate contro il ragionamento induttivo.

### **Il tacchino induttivista di Russell**

Abbiamo visto che il pensiero deduttivo non presta il fianco a critiche, visto che è logicamente sempre valido; il suo problema è semmai che non aumenta le nostre conoscenze. D'altro canto, per proporre una legge ci basiamo sull'induzione da più fatti osservati. Tuttavia, questo modo di procedere è stato aspramente criticato a partire dal 1900 da eminenti scienziati e filosofi della scienza, come Bertrand Russell e Carl Popper. Per loro l'induzione non garantisce in nessun modo che si stia procedendo nella direzione giusta. Russell, nel 1912 propose la storiella del tacchino per mostrare i pericolosi limiti del pensiero induttivo.

“Fin dal primo giorno di permanenza nel suo nuovo allevamento il tacchino aveva osservato che alle nove del mattino gli veniva portato il cibo. Da buon induttivista non trasse precipitose conclusioni dalle prime osservazioni e ne eseguì altre in una vasta gamma di circostanze: di mercoledì e di giovedì, nei giorni caldi e in quelli freddi, sia che piovesse sia che splendesse il sole. Finalmente la sua coscienza induttivista fu soddisfatta e il tacchino elaborò allora un'induzione che dalle asserzioni particolari relative alle sue vicende alimentari lo fece passare a un'asserzione generale, una legge, che suonava così: “Tutti i giorni, alle ore nove, mi danno il cibo”. Purtroppo per il tacchino, e per l'induttivismo, la conclusione fu clamorosamente smentita la mattina della vigilia di Natale!” (B. Russell, *The Problems of Philosophy*, 1912)

Il tacchino aveva elaborato una legge sulla base delle osservazioni fatte (induzione), ma *il fatto che le osservazioni siano in accordo con questa legge non ha alcun valore*. Infatti è bastato il controesempio della vigilia di Natale per mandare in pezzi la legge che il povero tacchino aveva faticosamente formulato.

## Carl Popper e la falsificabilità

Carl Popper andò oltre le critiche di Russell, ed elaborò alcune idee che, seppur in parte ridimensionate da correnti successive, costituiscono tutt'ora i fondamenti del pensiero scientifico.

Come insegna la storia del tacchino di Russell, le teorie non possono essere considerate scientifiche se una serie di osservazioni le conferma, perché ciò non ha valore. Quello che invece conta è falsificare una legge, cioè trovare un controesempio che la invalidi. Quindi si sposta l'attenzione sulla deduzione: l'esperimento è concepito come strumento di controllo della legge, e non come sua conferma. **Si può solo confutare una legge, non confermarla!**

Questo cambiamento di prospettiva ha una portata epocale, e cambia la visione della teoria scientifica: qualunque teoria non può mai essere considerata 'verificata', ma solo accettata come valida finché essa non verrà falsificata. Una teoria si può considerare scientifica se è possibile immaginare un esperimento che la possa invalidare!

Osservava a tale proposito Russell: *“Se io sostenessi che tra la Terra e Marte ci sia una teiera di porcellana in rivoluzione attorno al Sole su un'orbita ellittica, nessuno potrebbe contraddire la mia ipotesi purché io avessi la cura di aggiungere che la teiera è troppo piccola per essere rivelata persino dal più potente dei nostri telescopi. Ma se io dicessi che, giacché la mia asserzione non può essere smentita, dubitarne sia un'intollerabile presunzione da parte della ragione umana, si penserebbe giustamente che stia dicendo fesserie. [...]*

La conseguenza di tutto ciò è che una teoria che non ammetta alcun esperimento che la possa confutare non può essere considerata scientifica: in questo risiede la differenza tra conoscenza ed opinione!

Quella che sembrava una sconfitta della scienza (non esistono più leggi esatte) è invece diventato il suo punto di forza: **non c'è teoria che non possa essere messa in discussione, se è in contrasto con quanto si osserva.**

D'altra parte, già il motto scolastico avvertiva (1200):

*“Contra factum non valet argumentum”*

E d'Alembert nel “discours préliminaire dell'enciclopedia” (1751):

*«Il faut tout examiner, tout remuer sans exception et sans ménagement»*

Ma cosa succede quando un esperimento non torna con la teoria? Possiamo immaginare tre scenari:

1. I fatti sono stati male interpretati

Abbiamo visto che Aristotele interpretava le diverse velocità di caduta dei gravi come derivanti dalla diversa forza di attrazione, e da Galileo in poi sappiamo che non è così, e che la diversa velocità è data dall'effetto dell'attrito con l'aria. I fatti erano stati male interpretati, e bastava l'esperimento mentale di Galileo per far capire che la teoria non stava in piedi!

2. Ci sono fatti che non conosciamo che fanno tornare i conti!

La scoperta di Nettuno

Ad inizio '800, l'orbita di Urano mostrava delle deviazioni significative ed inspiegabili. Johann Gottfried Galle ipotizzò che queste variazioni fossero da imputare ad un pianeta ancora mai osservato e che perturbava l'orbita di Urano. L'ipotesi si rivelò giusta e i calcoli di Galle indicarono Nettuno a meno di 1° di distanza da dove venne effettivamente osservato da egli stesso, assieme ad un suo studente.

### Il bosone di Higgs

Nel 1979 Weinberg, Glashow e Salam vennero insigniti del premio Nobel per la fisica, per aver ideato una teoria che riusciva a descrivere in maniera unitaria le interazioni elettromagnetiche, le interazioni deboli e le interazioni forti. A questa teoria venne dato il nome di modello standard. L'unico problema è che prevedeva che le particelle elementari dovessero avere massa nulla. E ciò ovviamente era in disaccordo con tutte le osservazioni. Ma prima di dichiarare errata la teoria, in quanto in contrasto con le osservazioni, Higgs ed altri (per la precisione, tutti gli attori sono: Anderson-Englert-Brout-Higgs-Guralnik-Hagen-Kibble) immaginarono che la massa non fosse una quantità intrinseca dei corpi, ma piuttosto una qualità che deriva dall'interazione con un qualcosa che nessuno aveva ancora nemmeno immaginato. Questo qualcosa che in fisica elementare assiste all'interazione tra due elementi viene detto *bosone di gauge*: venne così postulato che la massa delle particelle venga conferita loro dall'interazione con questo che fu così detto Bosone di Higgs. Dopo cinquanta anni di ricerche il bosone di Higgs è stato osservato nel 2012 al Cern, confermando che l'ipotesi di Higgs & co era corretta.

### 3. La teoria è sbagliata

Di questo gruppo di eventi abbiamo già discusso a proposito della crisi della meccanica ottocentesca, in cui cioè un piccolo numero di esperimenti ha messo in crisi le conoscenze ritenute ormai assodate e quasi perfette: ricordiamo la meccanica newtoniana che fu soppiantata dalla relatività generale, l'elettrodinamica classica che dovette essere riscritta da capo con la teoria dei quanti.

Per chi volesse approfondire l'aspetto delle rivoluzioni scientifiche, si consiglia l'ormai classico testo "La struttura delle rivoluzioni scientifiche" di Kuhn, in cui vengono analizzati i contesti e le conseguenze dei grandi mutamenti di prospettiva che si sono succeduti nella storia.

Per concludere questo discorso, possiamo dire che per Popper è la deduzione a rappresentare il passaggio cruciale nella costruzione e accettazione di una teoria. In congetture e confutazioni afferma: *"L'induzione, cioè l'inferenza fondata su numerose osservazioni, è un mito. Non è un fatto psicologico, né un fatto della vita quotidiana, e nemmeno una procedura scientifica"*.

Ma come arriviamo a concepire un modello, se non tramite il ragionamento induttivo?

### Critiche a Popper

Ben presto però iniziarono anche le critiche al pensiero di Popper, ad opera dei suoi stessi allievi: Feyerabend, Lakatos, Kuhn da un lato e Goodman, Carnap, Nicod dall'altro.

Il primo tipo di critica riguardava il fatto che i principi metodologici unificanti trovati tramite teorie scientifiche esprimono un'evidenza di validità che non può essere falsificata da un unico episodio contrario: basti pensare agli esempi riportati poco fa riguardo alla possibilità che i fatti siano male interpretati, oppure che qualche elemento di cui non si è a conoscenza riesca a risolvere il problema. Di fatto è successo raramente che una intera teoria sia stata abbandonata di punto in bianco per un solo controesempio. Quindi, concludono i critici, la scienza raramente compie salti così grandi e così radicali come immagina Popper.

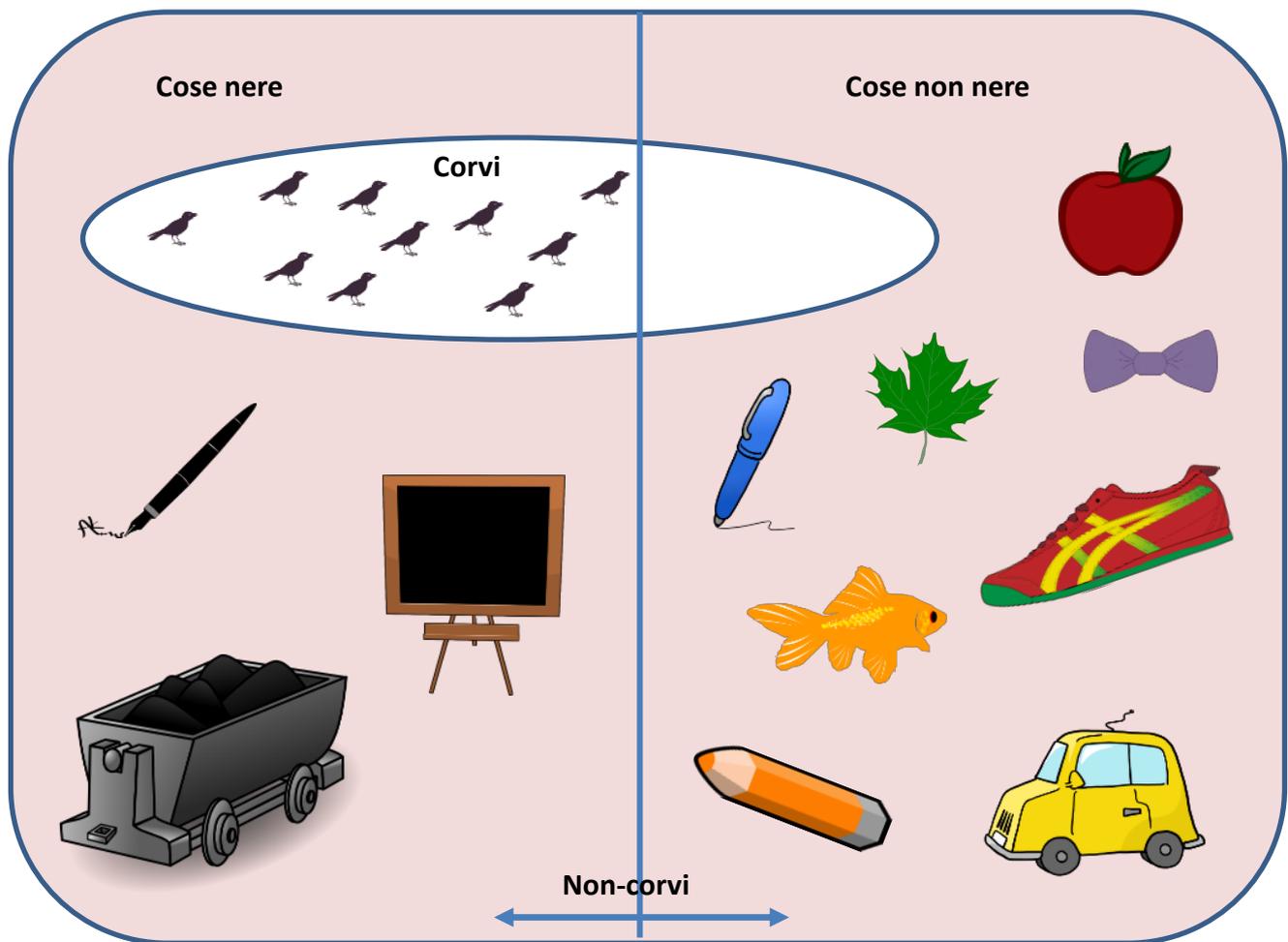
Altri, come Goodman, Carnap ed Hempel, hanno notato che il principio di falsificazione non sostituisce e non esclude completamente la dimensione induttiva della indagine scientifica: in realtà l'estrapolazione per induzione è una pratica comune per formulare le teorie, che certo devono rimanere falsificabili ed essere sottoposte a tutte le deduzioni possibili, alla ricerca di incongruenze. Nel frattempo, possono essere considerate valide. D'altra parte, è innegabile che ogni esperimento differente che risulta in accordo con la teoria in qualche modo la corrobora, seppur non sia sufficiente a confermarla valida. Osservando come per il principio induttivo *l'acquisizione di un nuovo riscontro empirico di una teoria renda più probabile che questa teoria sia vera*, Hempel prese ad esempio la teoria che tutti i corvi siano neri per trarne conclusioni di paradosso (Hempel, "Studies in the Logic of Confirmation", 1945). Ragionamenti di questo tipo portano alla nascita della **teoria della confermabilità**. Negli anni '40 Carl Gustav Hempel elaborò un paradosso che rimise l'induzione al centro del discorso sulla conoscenza.

## Il paradosso del corvo

Il paradosso del corvo è descritto con un divertente aneddoto da Nicholas Falsetta "il libro dei paradossi", cui si rimanda per altri dettagli in merito. Riassumiamo qui di cosa si tratta:

Sulla base della nostra esperienza (e di tutto il genere umano), il fatto che da sempre tutti i corvi che sono stati osservati siano neri, ci autorizza ad affermare che tutti i corvi sono neri? Da un lato è ammissibile che ogni osservazione di un ulteriore corvo nero fortifichi l'asserzione. Ma, da un punto di vista logico, anche una prova a favore dell'asserzione equivalente "tutte le cose non nere sono non corvi" dovrebbe avere lo stesso valore. Quindi cosa ci impedisce di utilizzare la nostra giacca blu o la penna rossa per asserire che i corvi sono neri? Dopotutto, anche quelli sono non-corvi non-neri!

Come è possibile che l'enumerazione di oggetti non-corvi non-neri possa rafforzare l'idea che i corvi sono sempre neri? Dopotutto noi dobbiamo dimostrare che l'insieme dei corvi non-neri è vuoto. Immaginiamo che l'universo sia fatto di dieci scatole: apriamo la prima che contiene un corvo nero, a questo punto rimangono nove scatole di contenuto ignoto; apriamo la seconda, che contiene un cappello giallo, a questo punto rimangono solo otto scatole da aprire. In effetti, prima di aprire la scatola con il cappello giallo, avevamo una scatola in più che avrebbe potuto contenere un corvo non nero. In questo senso, il fatto che nella seconda scatola ci sia un cappello giallo diminuisce in effetti la probabilità che nell'intero universo (le dieci scatole), ci siano corvi non neri. Sebbene possa sembrare incredibile, è quindi vero che il cappello giallo rappresenta una prova a favore del fatto che tutti i corvi siano neri<sup>3</sup>. Nel nostro universo le scatole sono molte di più, ma aprendole tutte, alla fine potremmo davvero arrivare a risolvere il problema del colore dei corvi controllando tutto ciò che è un non corvo non nero. Un compito davvero difficile da assolvere.



Abbiamo quindi risolto il problema?

- Non proprio, riprendiamo la nostra foglia verde, sostegno dei corvi neri, cosa ci impedisce di utilizzarla a sostegno di "tutti i corvi sono bianchi", o meglio "tutti i non corvi sono non bianchi"?
- Nessuna, infatti la foglia è anche un non corvo non bianco, quindi una prova a sostegno del fatto dei corvi sono bianchi. Una stessa prova può quindi essere portata a sostegno di affermazioni logicamente contrapposte...
- Siamo di fronte a un nuovo paradosso dell'induzione? Anche se in questo caso ogni controesempio può falsificarla! Quindi dimostra la necessità del doppio passaggio induzione-deduzione. <https://www.cicap.org/n/articolo.php?id=100108>

### Paradosso di Goodman (grue and bleen)

Nelson Goodman, filosofo statunitense interessato alla logica riprese il pensiero di Hume, cioè il nesso tra metodo induttivo e uniformità della natura, ed elaborò un paradosso logico - che da lui prese il nome - a proposito della giustificabilità del principio di induzione.

Egli notò che, se si sono osservati fino ad un certo momento sempre smeraldi verdi, si può formulare per induzione una generalizzazione secondo la quale: "Tutti gli smeraldi sono verdi". Immaginiamo adesso di

chiamare "blerde" il colore degli smeraldi verdi osservati fin qui e di tutti quelli blu che troveremo d'ora in poi. Se tutti gli smeraldi esaminati finora sono risultati verdi, essi saranno anche "blerdi". Questo significa però che non si può stabilire se siano verdi o blerdi solo in base all'osservazione. L'utilizzabilità di un predicato piuttosto di un altro ai fini della previsione dipende dal grado di proiettabilità nel futuro. Questa è molto alta per il predicato "verde", nulla per "blerde": con la definizione di "blerde" arriviamo solo a descrivere un insieme possibile. Tuttavia, a livello empirico non serve a generalizzare alcunché, perché non consente di definire cosa stiamo cercando.

Una bella intervista a Nelson Goodman è visibile sul sito di Rai scuola:

<http://www.raiscuola.rai.it/articoli/nelson-goodman-il-paradosso-aforismi/4626/default.aspx>

## Parte terza: La costruzione di una teoria scientifica

### Un gioco di carte per creare e smentire una teoria

Per capire come procede una teoria scientifica si può ricorrere ad un divertente gioco di carte, che nel libro "Enigmi e giochi matematici" (del 1959), Martin Gardner riporta come inventato, assieme ad altri giochi sia con le carte che con la scacchiera, dallo scrittore Robert Abbott. Questo gioco, detto Eleusis, contrariamente alla maggior parte dei giochi di carte che si basano sulla deduzione, si basa sull'induzione e sul test della teoria ipotizzata. Riporta Gardner che "le regole complete dell'Eleusis sono state stampate dall'« Association of American Playing Card Manufacturers », 420 Lexington Avenue, New York 17, N. Y. e vengono spedite dalla Associazione a ogni lettore che invia i francobolli per le spese postali". Non c'era internet, all'epoca...

Il gioco è spiegato direttamente da Abbott nel seguente link:

<http://www.logicmazes.com/games/eleusis/index.html>.

Una versione semplificata (eleusis express) è stata creata da John Golden espressamente con intenti di didattica della scienza, e si può trovarne la descrizione al seguente indirizzo:

<http://www.logicmazes.com/games/eleusis/express.html>, di cui si trascrive ora una sintesi in italiano.

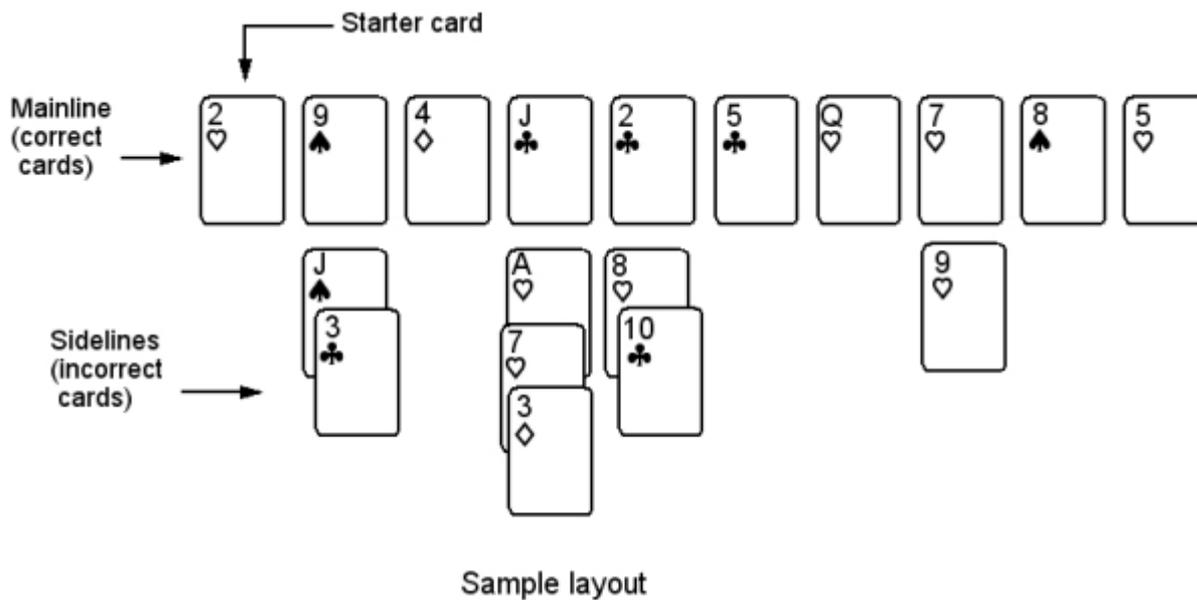
In questa versione, il mazziere inventa una regola per la sequenza con cui andranno disposte le carte, a turno, dai giocatori, e la scrive su un foglio. Poi piega il foglio e lo tiene nascosto, ed inizia la fase di gioco.

Ad esempio, una regola potrebbe essere: "ogni carta deve avere colore diverso dalla carta precedente". Per tentativi, i giocatori a turno provano a calare una carta che immaginano soddisfi la regola. Se la carta soddisfa la regola, il mazziere la accetta ed il giocatore può formulare un'ipotesi.

Si gioca con due mazzi da 52 carte. Se il mazzo finisce si può utilizzare un altro mazzo oppure dichiarare finito il round.

Il gioco consta di più mani, nelle quali si alternano i giocatori nel ruolo di mazziere, il quale non gioca per quella mano e il suo punteggio è legato a quello degli altri giocatori.

Le giocate sono poste al centro del tavolo, e il piatto cresce man mano che si procede nel gioco. Un esempio è mostrato sotto. Il piatto è costituito da una fila di carte corrette, cioè che seguono la regola segreta. Sotto la fila ci saranno delle file verticali di carte sbagliate, cioè che non seguono la regola.



Giocando per la prima volta, il mazziere dovrebbe scegliere una regola semplice per non rendere noioso il gioco. Alla fine ci saranno degli esempi cui ispirarsi. Una regola dovrebbe permettere di giocare alcune carte diverse, ma non troppe. La regola “la prossima carta deve essere di un seme diverso” è troppo permissiva; al contrario, “la prossima carta deve essere di un numero più alta” sembra troppo restrittivo. È poi bene evitare carte jolly tipo “le figure vanno sempre bene”, oppure “un asso funziona sia in basso che in alto”. E ricordate che, per quanto semplice stimate la vostra regola, indovinarla sarà sempre più complicato di quanto crediate!

Una volta creata la regola, il mazziere dà 12 carte ad ogni giocatore (una classe si può disporre a squadre, è bene non superare i quattro-cinque giocatori altrimenti può diventare noioso) e pone a faccia scoperta una carta che sarà la prima della sequenza, poi si prosegue in senso orario.

Al suo turno, ogni giocatore cala una carta sul tavolo ed il mazziere controlla se è giusta oppure no. Se è giusta, essa sarà posta a fianco della carta precedente, allungando la fila nel centro. Se è sbagliata, invece, andrà sotto, iniziando una fila o prolungando una fila di carte sbagliate (come mostrato in figura).

Il giocatore che propone una carta sbagliata dovrà pescarne un'altra dal mazzo; chi invece indovina vedrà diminuire la sua mano. Se immagina di non avere carte che soddisfano la regola, un giocatore può dichiararlo e mostrare a tutti la sua mano ed il mazziere dice se la sua ipotesi è giusta o no. Se si sbaglia, il mazziere sceglie una carta corretta dalla sua mano e la mette nella fila, mentre il giocatore pesca un'altra carta. Se invece ha ragione, il mazziere dispone tutta la mano del giocatore in una fila di carte sbagliate, e il giocatore ne pesca dal mazzo altrettante, meno una.

Quando un giocatore fa una giocata corretta, o fa una corretta dichiarazione di non poter giocare, può tentare di proporre, davanti a tutti, quella che secondo lui è la regola.

Se il giocatore indovina la regola o se qualcuno finisce le proprie carte, la mano finisce e si contano i punti. Ogni giocatore ottiene 12 punti meno uno per ogni carta rimasta in mano; chi indovina la regola riceve 6 punti bonus. Se un giocatore finisce le carte ottiene 3 punti bonus. Il mazziere ottiene lo stesso punteggio del giocatore che ha fatto più punti.

In ogni caso, probabilmente la fase di punteggio non è la più interessante: è meglio ottenere un gioco divertente ed istruttivo in cui i giocatori riescono ad indovinare la regola. Ad esempio, se a metà della mano il mazziere si accorge che nessuno ha idea della regola, può dare degli indizi: teoricamente potrebbe

risultare barare in quanto il mazziere aumenta il suo punteggio se qualcuno indovina, ma va bene così: il gioco diventa più interessante e coinvolgente. Inoltre, i giocatori o le squadre potrebbero discutere della possibile regola tra loro, anche se sono in competizione.

Dopo che ogni squadra o giocatore ha avuto la possibilità di proporre una regola il gioco finisce. In genere non c'è abbastanza tempo per tutto ciò, per cui si può interrompere il gioco e contare i punti allo scadere del tempo. Inoltre si potrebbe tenere nota dei punteggi e permettere una mano ogni volta che ci sia la possibilità. Questo gioco risulta perfetto per un'ora di supplenza, ad esempio.

Nelle regole segrete ci si può accordare su alcuni punti: in particolare: 'ultima carta' si riferisce all'ultima carta accettata, oppure a quella di partenza! Fante, regina e re sono da considerare 11, 12 e 13; ai fini delle scale si scavalca il 13 e si torna all'asso.

Esempi di regole segrete:

- Se l'ultima carta è rossa, gioca una nera. Se è nera, gioca una rossa.
- Se l'ultima carta è picche, gioca cuori; se è cuori, gioca quadri; se è quadri, gioca fiori; se è fiori, gioca picche.
- Le carte nel piatto devono seguire la regola: tre rosse, tre nere, tre rosse, tre nere, e così via.
- Se l'ultima carta è dispari, gioca pari; se è pari, gioca dispari.
- Se l'ultima carta è sotto l'8, gioca da 8 in su, e viceversa.
- Gioca una carta di 1, 2 o 3 valori maggiore dell'ultima (ponendo l'asso dopo il 13).

Regole più complicate sono:

- Se l'ultima carta è dispari, gioca rosso. Altrimenti, gioca nero.
- La carta deve essere dello stesso seme o colore dell'ultima (...ma il gioco finirà presto!)
- Se l'ultima carta è nera, gioca una carta di valore minore o uguale; se è rossa, gioca carta maggiore o uguale.

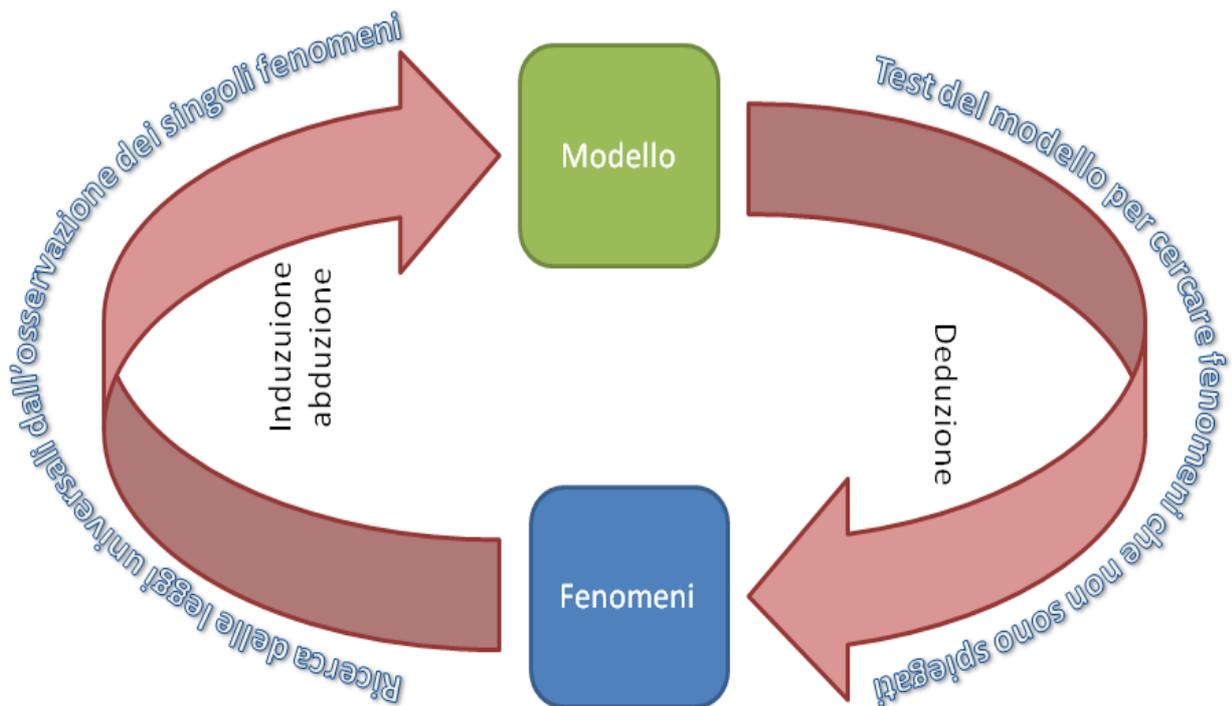
A proposito delle implicazioni logiche del gioco, nota Gardner:

*“Ora viene aperto il foglietto e letta la regola. Questo corrisponde in un certo senso alla prova finale deduttiva che un matematico fa di un teorema suggeritogli in precedenza da una valutazione induttiva basata su un gruppo di osservazioni particolari. Agli scienziati naturalmente è negata questa verifica finale e si devono contentare di stabilire le loro ipotesi con un alto grado di probabilità. Se lo scienziato accetta l'epistemologia pragmatica, diciamo, di William James e John Dewey, egli può non dar credito all'esistenza del foglietto di carta. Il riuscito funzionamento della sua ipotesi sarà il solo significato della sua «verità». Oppure potrà concordare con Bertrand Russell ed altri che la verità della sua teoria è nella sua corrispondenza con una struttura esterna, anche se egli non ha modo di afferrare la struttura e di spiegarla. Ancora un altro punto di vista è preferito da Rudolf Carnap ed i suoi amici. Domandarsi se «esista» un foglietto di carta ripiegato (cioè una struttura finale di un qualche tipo a cui corrispondano le strutture scientifiche) è una pseudodomanda. Dato che non c'è modo di rispondere ad una domanda del genere, essa dovrebbe esser sostituita dalla domanda pratica: dato un certo contesto di discorso, qual è la miglior forma di linguaggio da usare quando si parla delle leggi e teorie scientifiche?”*

Lasciamo però Gardner alle sue elucubrazioni e torniamo al nocciolo della questione.

## Circolarità del metodo scientifico (osservazioni - induzione - teoria - deduzione)

Alla luce di ciò che abbiamo visto finora possiamo ricapitolare il meccanismo dell'indagine scientifica nella figura che segue:



Cioè:

**Dalle osservazioni (eventualmente costruite per mezzo di esperimenti) si elabora una teoria che spieghi tutti i dati osservati.**

Se ci si riesce, la teoria viene considerata valida, con la riserva che:

**Quando si trovano fatti che contraddicono la teoria proposta, occorrerà trovarne una nuova che sia in grado di spiegare anche le nuove osservazioni.**

Citando Konrad Lorenz (L'aggressività, 1983, pag. 26) possiamo dire che "in ogni caso come sport mattutino per un ricercatore non c'è di meglio che mandare al diavolo ogni mattina prima di colazione un'ipotesi prediletta: mantiene giovani!"

Purtroppo però l'essere umano tende ad affezionarsi alle proprie idee, e per di più tende a cercare le conferme più che le smentite. Questi aspetti sono stati studiati dalla psicologia cognitiva con interessanti risultati; alcuni verranno riportati qui di seguito.

## Interpretazione della realtà ed errori di procedura

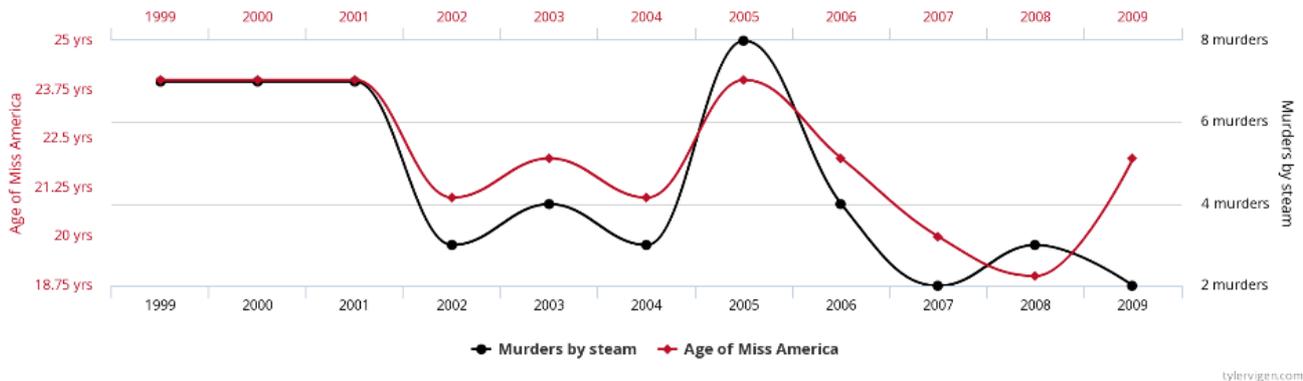
Il nostro cervello distorce la realtà, e ciò è legato, come abbiamo accennato per gli animali in generale, all'evoluzione e alla sopravvivenza. Alcune caratteristiche di funzionamento del cervello aiutano la sopravvivenza immediata a scapito però dell'analisi di situazioni più complesse. Una serie di pregiudizi cognitivi (in inglese cognitive bias) sono stati individuati ed analizzati dagli psicologi. Uno dei più interessanti per quanto riguarda l'argomento della previsione è il pregiudizio di conferma. Questo consiste nel dare inconsciamente più peso agli indizi a favore delle nostre idee piuttosto che a quelli che sono in contrasto. Da un punto di vista scientifico è un errore madornale, e bisognerebbe educarsi a cercare sempre l'esempio invalidante piuttosto che una serie di conferme parziali! Francesco Bacone aveva intuito che esistono molti pregiudizi nella mente umana (gli idoli di cui disfarsi nella pars destruens), ed in particolare era ben cosciente del pregiudizio di conferma: *"L'intelletto umano, quando abbia adottato una certa concezione (o perché ricevuta da altri e ritenuta vera, o perché soddisfacente), induce anche tutto il resto a convalidarla e ad accordarsi con essa. Anche se la forza e il numero delle istanze contrarie sono maggiori, tuttavia o non le considera o le disprezza o, introducendovi delle distinzioni, le rimuove e le respinge, non senza grave e dannoso pregiudizio, pur di mantenere inviolata l'autorità di quelle prime concezioni"*, e inoltre: *"È errore peculiare e perpetuo dell'intelletto umano essere più attratto dalle conferme che dalle smentite; mentre dovrebbe essere disposto allo stesso modo verso le due cose. Infatti, nella dimostrazione di ogni assioma, gli esempi negativi sono i più importanti tra i due."* (sentenza 46 del I libro del Novum Organum)

Altri pregiudizi cognitivi riguardano la tendenza a fidarsi maggiormente delle prime informazioni trovate, quella a immaginare pattern ordinati in un insieme di dati casuali (si trova spesso nei giocatori d'azzardo), quella di percepire un evento come predetto dopo che questo si è verificato, fino al basare il convincimento sulla base della fiducia nelle conclusioni piuttosto che sulla forza dell'argomentazione.

Nel mondo scientifico, uno dei modi di limitare l'influenza di questi pregiudizi è l'utilizzo della revisione paritaria (*peer review*), in cui i risultati di uno studio sono analizzati ed approvati da altri scienziati che cercano punti deboli della teoria o del metodo, supponendo che non siano affetti dagli stessi pregiudizi degli autori. Non è ovviamente un metodo sicuro al 100%, ma permette di evitare molti errori dovuti alla percezione e alle convinzioni personali.

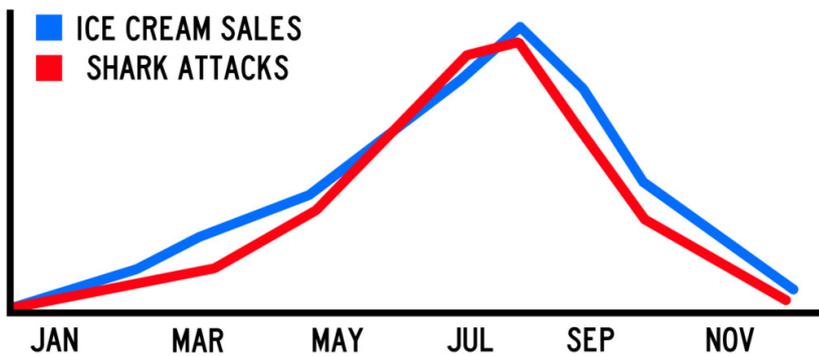
Un altro errore tipico della mente umana è quello di confondere un rapporto di correlazione con uno di causa-effetto. Consideriamo il numero di decessi per vapori ed oggetti caldi per anno negli Stati Uniti e l'età di miss America, dal 1999 al 2009. Le serie di valori si correlano molto bene (per lo meno fino al 2007), ma a nessuno verrebbe in mente di ipotizzare un legame di causa-effetto tra i due fatti. Questo è un caso perfetto di correlazione spuria, in cui due serie di dati si comportano allo stesso modo, ma non c'è relazione di causa-effetto.

**Age of Miss America**  
correlates with  
**Murders by steam, hot vapours and hot objects**



da <http://www.tylervigen.com/spurious-correlations>

Esistono anche casi più sottili, in cui due variabili hanno andamenti simili, ma non sono comunque legate da un rapporto causale: ad esempio due effetti di una stessa causa avranno spesso comportamenti correlati tra loro, ma nessun rapporto diretto. Consideriamo il consumo di gelato e il numero di attacchi da parte di squali in una località balneare nei vari mesi dell'anno. Il grafico potrebbe avere il seguente aspetto:



Ma pensare che uno sia causa dell'altro sarebbe molto fuorviante! Evidentemente, la causa comune è che in estate il clima è caldo e molta più gente si reca sulla costa, facendo il bagno e mangiando il gelato. Per scoprire l'inghippo e capire che non c'è rapporto tra le due cose si potrebbe dividere i valori per il numero di turisti presenti, ed ottenere il consumo di gelato e il numero di attacchi pro capite! Spesso però non è così semplice, e per scoprire qual è la causa comune occorrono studi e calcoli piuttosto approfonditi.

Un ultimo effetto che vale la pena di considerare è il cosiddetto effetto Dunning-Kruger, dal nome degli autori che descrissero questo comportamento in un articolo del 1999 pubblicato sul *Journal of Personality and Social Psychology*. Confrontando i risultati di alcuni test degli studenti dei primi anni di corso della Cornell University con le autovalutazioni degli stessi studenti, scoprirono che coloro che risultavano più ignoranti tendevano a sopravvalutarsi molto. Per contro, quelli che già sapevano un po' della materia in oggetto tendevano ad autovalutarsi in maniera molto più critica. Un temibile effetto collaterale di questo comportamento è che in genere le persone meno preparate su un argomento sono anche le più sicure di sé.

## Conclusione

La scienza procede per costruzione di un modello, e verifica sperimentale di tutte le possibili implicazioni. Se un esperimento dà esito negativo, meglio: si abbandona la teoria (o per lo meno si introducono delle correzioni) e se ne costruisce una nuova che deve prevedere correttamente TUTTI i comportamenti osservati. Il nodo della scienza è proprio questo: non bisogna mai affezionarsi ad un concetto, in quanto una nuova osservazione in contrasto con questo potrebbe dover richiedere un cambiamento totale di paradigma (nel senso di Kuhn). Il più delle volte, tuttavia, si riesce ad includere le nuove osservazioni introducendo delle correzioni nel modello precedente. E' però da notare che gli scienziati tendono a considerare tanto meno elegante una teoria quanto più è il risultato di correzioni ad hoc per spiegare fatti. Non è dato sapere se questa filosofia sia giustificata o meno! Sta di fatto che le teorie più potenti trovate finora sono molto generali, e quindi quando si iniziano ad introdurre eccezioni e correzioni scatta un campanello di allarme che spinge qualcuno a lavorare per trovare una teoria più unificatrice che giustifichi però già da sé le nuove osservazioni.

Il processo scientifico, e in questo è profondamente mutata la visione attuale rispetto all'approccio positivista dell'800, ricorda un po' la fatica di Sisifo, che nella mitologia greca era considerato il figlio di Eolo, re dei venti. Avendo ingannato Zeus e Persefone, egli venne condannato per l'eternità a sospingere un grosso macino fino alla sommità di un monte; il masso però, giunto in cima, rotolava inesorabilmente a valle, costringendo Sisifo a ripetere l'inutile fatica. A differenza di Sisifo, però, ogni volta che il masso arriva in cima alla montagna (una teoria scientifica spiega tutti i fatti osservati) si fa di tutto per farlo cadere giù: quando ci si riesce (si osserva un fatto non spiegabile) è una parziale vittoria, che costringerà Sisifo a riportare il masso in cima finché non si riuscirà a farlo cadere di nuovo.

Su questo ormai gli scienziati si sono messi l'anima in pace, ed accettano la teoria come un modello che spieghi i dati, senza attribuirgli alcuna verità assoluta e perenne. Quello che sconcerta, però, è che non sappiamo dire quando, e soprattutto se, riusciremo a sistemare il masso stabilmente in cima alla montagna; per la concezione attuale della scienza non potremo mai esserne sicuri!

C'è inoltre da notare che negli ultimi anni si è assistito ad un ritorno a discipline che non ammettono l'esperimento come controllo: basti pensare alla meteorologia, in confronto alla dinamica dei corpi celesti: entrambe discendono dalle stesse leggi del moto, ma la previsione di un temporale è molto più incerta di quella di una eclissi. Per di più, il test di tesi climatologiche, cosmologiche o di scienze sociali è in alcuni casi impossibile: spesso non si può prevedere un esperimento per testare con certezza alcune ipotesi. In molti casi occorre osservare eventi che accadono senza che possiamo intervenire per alterare l'esperimento (si pensi al clima terrestre): l'interpretazione statistica dei risultati assume allora un aspetto fondamentale per stabilire se le previsioni sono state soddisfatte o no.

Trovare leggi quantitative in sistemi intrinsecamente stocastici oppure in sistemi complessi è quindi un'impresa che secondo il paradigma popperiano non avrebbe possibilità. Molte discipline hanno a che fare con sistemi complessi in cui il solo capire se un risultato è in accordo con le previsioni è un lavoro a sé:

- Meccanica quantistica e nanoscienze;
- Meteorologia, climatologia, fluidodinamica;
- Biologia evolutiva, medicina, epidemiologia;
- Sociologia.

Questo ci porta allora ad un livello di certezza variabile, e quindi anche ad una concezione non rigida di scienza: una disciplina risulta tanto più scientifica quanto più sono accurate le previsioni che fornisce. Inoltre, la stessa disciplina può fornire previsioni accurate in un ambito (nel quale si può definire scientifica) e meno in un altro, nel quale non lo sarà. Ad esempio, possiamo pensare alla meccanica Newtoniana, che nella vita di tutti i giorni fornisce previsioni eccellenti sul moto dei corpi: in questo caso si tratta di una scienza. Se però cerchiamo di risolvere con le equazioni di Newton il moto delle particelle elementari falliremo miseramente: in tal caso la disciplina non sarà più una scienza. Vediamo quindi che la scienza non può prescindere da un suo ben delimitato campo di applicazione.

## Bibliografia essenziale

- N. Falletta, *Il libro dei paradossi*
- Crombie, *Robert Grosseteste and the origins of experimental science*
- Grant, *Le origini medievali della scienza moderna*
- Rossi, *La nascita della scienza moderna in Europa*
- Okasha, *Il primo libro di filosofia della scienza*
- Boniolo, Vidali, *Introduzione alla filosofia della scienza*
- Carena e Mastrogiorgio: *La trappola del comandante (sui bias cognitivi)*