



Anno di fondazione 1824

Note marginali sulla storia della scienza[†]

Giorgio Montaudou [1]*

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

Summary

Only recently it has been understood that the scientific progress is due to the adoption of an investigation method, apparently unorthodox, consisting in tentatively developing predictive theories and neglecting (initially) anomalous results. Although this empirical methodology is seen as being in dramatic conflict with the traditional philosophy criteria, scientific progress occurred without problems. Scientists rather tend to follow Popper ideas, for whom science proceeds through empirical attempts, without searching absolute truths, whereas the validity of scientific theories is given by their ability to predict new observable phenomena. These concepts encompass accumulation of knowledge and progress in science. Consolidated science includes all reality descriptions that have been demonstrated true beyond any legitimate doubt (eliocentrism, blood circulation), whereas borderline science may be controversial and tentative. Within the text, the history of the scientific development is illustrated with examples taken from salient events which were responsible for today's scientific progress.

Key words: *scientific progress, predictive theories, consolidated science, Popper*

Riassunto

Si è compreso solo in tempi recenti che lo sviluppo scientifico è dovuto all'adozione di un metodo di indagine, apparentemente non ortodosso, che consiste nel procedere a sviluppare tentativamente teorie esplicative e predittive, trascurando (inizialmente) i risultati apparentemente anomali. Benché questo metodo empirico sia in contrasto con i criteri della filosofia tradizionale, lo sviluppo scientifico è avvenuto senza problemi. Gli scienziati sono inclini a seguire le idee di Popper, per il quale la scienza procede per tentativi empirici, senza tentare di conseguire verità assolute, mentre la validità delle varie teorie scientifiche viene misurata dalla loro abilità a predire nuovi fenomeni osservabili. Questa posizione consente di parlare di accumulo delle conoscenze e di progresso della scienza. Si opera una distinzione fra scienza consolidata e scienza di confine. Per scienza consolidata si intendono tutte le descrizioni della realtà che si sono dimostrate vere oltre ogni legittimo dubbio (eliocentrismo, circolazione sanguigna), mentre la scienza di confine può essere controversa e le sue conclusioni tentative. Nel testo, la storia dello sviluppo scientifico viene illustrata con esempi tratti da alcune vicende salienti che hanno portato al progresso scientifico odierno.

Parole chiave: *progresso scientifico, teorie predittive, scienza consolidata, Popper*

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

*e-mail: montaudou@alice.it

1 La problematica scientifica

Sul valore della conoscenza scientifica, pochi scienziati intervengono. Siamo, invece, sommersi dai contributi dei filosofi. E' stupefacente osservare la sfasatura tra la massiccia presenza della scienza e della tecnica nella nostra vita quotidiana e il suo peso quasi irrilevante all'interno della "cultura". Parlando con alcuni umanisti, mi accorgo di una ignoranza scientifica davvero sorprendente. Di recente, un collega mi ha chiesto in cosa consista "realmente" la teoria del Big Bang. Ne aveva sentito parlare, mi rassicurò, ma poi aggiunse: "sai io sono un letterato!". Ancora oggi ci sono seguaci del negazionismo crociano nei confronti della scienza, forti del famoso detto di Heidegger "la scienza non pensa".

Per delineare una storia della scienza conviene partire da vicino, da quando il mondo cominciò a sospettare, a causa del suo enorme successo, che la scienza potesse avere un valore culturale, che non era solo tecnologia o collezione naturalistica. La rivoluzione copernicana e la fisica di Newton avevano fatto luce sui fenomeni naturali più importanti e gli illuministi settecenteschi, con in testa Kant, avevano capito il ruolo vincente dell'accoppiata ragione/esperimento. Il progresso scientifico si era rivelato capace di cancellare in poco tempo credenze millenarie. Si è compreso solo in tempi recenti che lo sviluppo scientifico è dovuto all'adozione di un metodo di indagine, apparentemente non ortodosso, che consiste nel procedere a sviluppare tentativamente teorie esplicative e predittive, trascurando (inizialmente) i risultati apparentemente in contrasto o anomali. Questo metodo fu applicato dagli scienziati senza preoccuparsi di giustificazioni concettuali.

Furono subito avanzati fieri dubbi sul valore euristico delle conoscenze scientifiche. Hume si distinse col suo scetticismo corrosivo, guardando al processo scientifico alla luce dei criteri della filosofia tradizionale che tende a stabilire proposizioni generali razionalmente difendibili. Da qui la sua critica all'inferenza induttiva e le affermazioni sulla impossibilità di generalizzare una osservazione particolare. Secondo Hume, il principio di induzione è basato sulla "uniformità della natura", basato cioè su un Universo stabile, che non cambia. Al contrario, per Hume, non possiamo essere sicuri che improvvisamente qualcosa non cambi; il principio di induzione non può essere giustificato razionalmente. In verità, la posizione di Hume ipotizza un cambiamento delle leggi su cui si regge l'Universo, ma oggi sappiamo che questo porterebbe al suo collasso. L'obiezione di Hume non si applica al mondo in cui viviamo e le sue critiche non fermarono il progresso scientifico. Gli scienziati si accorsero che potevano progredire ugualmente anche se non avevano risposte alle critiche mosse loro dalla teoria humeana della conoscenza. Mettere da parte le obiezioni epistemologiche valse però alla scienza la condanna degli idealisti.

La pratica di mettere da parte anche risultati apparentemente contraddittori o anomali è molto comune. Per fare un esempio rimasto classico nella storia della scienza, verso la fine dell'Ottocento ci fu una grande querelle per stabilire l'età della terra. Scese in campo, contro i geologi che la datavano a qualche miliardo di anni, il gran capo dei fisici di quel tempo: Lord Kelvin in persona. Kelvin stimò il calore emesso dalla terra, assunse che questa quantità rappresentasse la velocità di raffreddamento e calcolò il tempo che era trascorso dacchè la terra era allo stato fuso. Il verdetto: l'età della terra doveva essere dell'ordine di qualche centinaio di milioni di anni, il che non era sufficiente per permettere gli eventi geologici, per non parlare dell'evoluzione delle forme viventi più complesse.

Darwin venne subito attaccato dai creazionisti di allora perchè la sua teoria necessitava un'età della Terra di almeno qualche miliardo. Le comunità dei geologi e dei biologi furono molto disturbate da quella conclusione che non erano in grado di confutare con argomenti scientifici, ma che era per loro inconsistente. Essi fecero allora ciò che gli scienziati fanno spesso in circostanze simili: la ignorarono, sperando che l'ipotesi sarebbe stata falsificata, prima o poi. E fu davvero così: la scoperta della radioattività distrusse l'ipotesi di Kelvin, dimostrando che la terra era dotata di una fonte interna di calore, il che modificava l'assunto sulla velocità di raffreddamento della terra, aumentandone drammaticamente l'età stimata. Questo episodio illustra come la comunità scientifica proceda nel valutare le ipotesi e i fatti contrastanti.

Nel quadro anomalo e dissacrante della pratica scientifica che viola le buone regole dettate

dalla dialettica filosofica, emblematico è rimasto l'uso spregiudicato che gli scienziati fecero nel trattare il secolare problema dell'esistenza degli atomi. I chimici dell'Ottocento sentivano molto il disagio di non poter provare l'esistenza degli oggetti del loro studio. Che gli atomi di Dalton dovessero essere reali, che non potessero essere confinati al rango di mera speculazione teorica, di modello escogitato per trattare i fenomeni della stechiometria, il popolo dei chimici l'aveva capito bene e se ne serviva nel lavoro quotidiano senza problemi. Tuttavia, il rigore scientifico e la prudenza necessaria quando si tratta di ipotesi di lavoro, richiedevano prove sicure che ancora mancavano.

Gli atomi, per come li conosciamo oggi, sono stati "inventati" da Dalton nel 1804. Questi propose che la materia fosse costituita in modo discontinuo da "elementi", ciascuno avente peso, volume e proprietà chimiche differenti (ferro, alluminio, calcio). Gli atomi di Dalton sono stabili a tutte le sollecitazioni chimiche, capaci soltanto di combinarsi, rimanendo intatti, con altri atomi per dare luogo alla formazione di molecole. Oggi sappiamo che, se sottoposti a sollecitazioni molto energetiche, anche gli atomi si rompono, ma le particelle subatomiche generate non hanno proprietà chimiche. Gli atomi di Dalton sono, dunque, ben altri oggetti rispetto a quelli di Democrito (polvere inerte e senza alcuna proprietà). Tuttavia, quando Dalton propose la sua teoria atomica, non vi era nessuna prova diretta dell'esistenza degli atomi. Tutto quello che i chimici potevano fare era di stabilire le quantità minime con cui gli elementi entravano in combinazione fra loro, e cioè i "pesi atomici". Dedurre da questa stechiometria che gli atomi esistono davvero era tutta altra cosa, e molti chimici rimasero scettici. Tuttavia, la teoria di Dalton semplificava i problemi ed era in accordo con tutte le evidenze sperimentali (isomeria, attività ottica, struttura tridimensionale degli edifici molecolari). I chimici ottocenteschi decisero, quindi, di assumerla come vera, senza dover necessariamente credere all'esistenza reale degli atomi. L'approccio "strumentale" degli scienziati fu veramente coraggioso e si sviluppò così una sorta di "strumentalismo chimico", che durò per tutto il secolo. L'esistenza degli atomi fu messa vivacemente in dubbio fino alla fine del 1800 da scienziati come Ostwald e Mach. Boltzmann aveva dimostrato che la sua teoria cinetica dei gas imponeva che esistessero gli atomi, tuttavia, mancava una stima della massa e dimensioni atomiche. Nel 1913, J.B.Perrin effettuò l'esperimento suggerito da Einstein per spiegare il moto browniano e ricavò le dimensioni di atomi e molecole. Gli atomi assunsero così una loro precisa individualità e concretezza, come tavoli e sedie.

Il modello teorico della selezione naturale di Darwin, integrato con l'introduzione della genetica mendeliana e delle mutazioni casuali di De Wries, ha fornito una spiegazione dell'evoluzione delle specie, tanto che, nonostante i molti punti che il modello non spiega adeguatamente, l'evoluzione delle specie viene oggi considerata un fatto. La principale difficoltà del modello darwiniano è inizialmente consistita nella difficoltà di spiegare il perché l'evoluzione produca organismi e specie che possiedono una maggiore complessità biologica. Spesso questa maggiore complessità produce specie con capacità cognitive superiori alle precedenti. Il modello ortodosso indicava nelle mutazioni casuali le motrici dell'evoluzione, ma se si prende in considerazione la possibilità che avvengano mutazioni direzionali (stimolate dall'epigenesi), cioè mirate allo sviluppo di organi con funzioni atte a migliorare le prestazioni dell'individuo, la capacità esplicativa della teoria migliora molto.

La termodinamica fornisce una solida base per spiegare l'aumento di complessità delle specie generate dall'evoluzione. Infatti, gli organismi viventi ricevono energia dall'esterno tramite la radiazione solare e la trasformano in entropia negativa, cioè in ordine interno. Questo processo termodinamico, accoppiato alla selezione naturale, costituisce il presupposto per la generazione di nuovi organismi più complessi, che possono originarsi tramite opportune mutazioni direzionali. Il principale problema della riflessione filosofica ed epistemologica è stato quello di stabilire attraverso quali enti e meccanismi avviene la correlazione fra pensiero (visto come pura espressione soggettiva e come rappresentazione di entità mentali), e la realtà esterna. Le regole di corrispondenza sono uno strumento di controllo logico che permette di mettere in sincronia il modello mentale di cui ci serviamo per identificare gli oggetti esterni con la nostra percezione della realtà. Le regole di corrispondenza sono emerse dalla nostra mente nel tentativo di stabilire un legame fra

la realtà esterna e l'ordine mentale. In passato si era restii ad accettare il ruolo delle regole di corrispondenza nel processo cognitivo, o addirittura ad ammettere la loro esistenza, perchè si credeva che il codice genetico, che viene trasmesso immutato, fosse il solo meccanismo di trasmissione dei caratteri e delle informazioni, impedendo così ogni forma di trasmissione di nozioni acquisite. Tuttavia, ci sono altre vie (epigenesi) attraverso cui la trasmissione delle informazioni acquisite dagli antenati può avvenire. Stabilire in dettaglio attraverso quali processi avviene la correlazione fra pensiero e realtà esterna, è compito della ricerca futura.

2 Storia dello sviluppo scientifico

Tornando alla storia dello sviluppo scientifico, i filosofi sono stati da sempre interessati ad investigare la struttura degli edifici culturali che la società civile ha gradualmente costruito, e la scienza costituiva un campo fra i più interessanti. Le speculazioni filosofiche, volte alla ricerca dei concetti universali, non avevano prodotto progressi tangibili nella comprensione del funzionamento del mondo, mentre la scienza del particolare, ancella minore della filosofia, raccoglieva sonanti successi. Come era possibile? Doveva esserci qualche cosa di falso nella conoscenza scientifica. Doveva trattarsi di una finzione, di un approccio strumentale che utilizzava una visione del mondo adatta ad interpretare i fenomeni osservati, uno strumento utile alla descrizione della realtà, la cui vera essenza rimaneva ignota. Come detto sopra, il principio di inferenza induttiva non può essere giustificato razionalmente. Per i filosofi questo significa addirittura che l'uomo non può essere sicuro della conoscenza che egli acquisisce del mondo esterno. Tutta la conoscenza umana è soggettiva, si disse.

Tuttavia durante i due secoli successivi, i progressi della fisica, chimica e biologia portarono queste discipline a collegarsi saldamente con le conoscenze astronomiche conseguenti alla rivoluzione copernicana, portando alla descrizione sempre più dettagliata del mondo intorno a noi, sicchè divenne sempre più difficile sostenere il soggettivismo rispetto all'oggettivismo emergente. Si ricorse così al *relativismo*, teoria secondo la quale non si può decidere fra due o più visioni del mondo (paradigmi) propugnate dalla scienza praticata nelle varie epoche storiche. Per i relativisti la visione aristotelica, quella newtoniana e quella einsteiniana, sarebbero ugualmente valide perchè internamente consistenti. Così, non ci sarebbe vero progresso nella conoscenza e la scelta fra i vari paradigmi dipenderebbe dal consenso che essi sono riusciti ad ottenere nelle varie epoche.

Benchè questa posizione sembri poco plausibile, al contrario essa venne sostenuta con successo da T. S. Kuhn nel 1960, ed ha trovato filosofi disposti a discuterla seriamente rifacendosi anche allo scetticismo di Hume. Gli scienziati sono invece inclini a seguire le idee di Popper, per il quale la scienza procede per tentativi empirici, senza tentare di conseguire verità assolute, mentre la validità delle varie teorie scientifiche viene misurata dalla loro abilità a predire nuovi fenomeni osservabili. Se una teoria non riesce a predire dei fenomeni, essa viene falsificata, mentre se una teoria riesce a predirli essa viene confermata solo temporaneamente. Infatti, non si può escludere che in seguito la teoria in oggetto venga falsificata dall'osservazione di nuovi fenomeni o perchè la teoria incorre in false predizioni. Le prime teorie scientifiche si basavano su poche osservazioni e la conoscenza della natura era necessariamente incompleta. Le teorie più recenti sono più complete, non più vere. Questa posizione consente di parlare di accumulo delle conoscenze e di progresso della scienza. Si opera quindi una distinzione fra scienza consolidata e scienza di confine. Per scienza consolidata si intendono tutte le descrizioni della realtà che si sono dimostrate vere oltre ogni legittimo dubbio (eliocentrismo, circolazione sanguigna), mentre la scienza di confine può essere controversa e le sue conclusioni tentative. Molta attenzione è stata data dagli studiosi allo sviluppo delle idee della scienza nell'Europa del 1600, alla loro crescente capacità di scostarsi dalla mera apparenza e di proporre visioni del mondo in contrasto con il senso comune.

I nuovi dati raccolti ponevano il problema della loro spiegazione e gli scienziati inventarono ipotesi che si dipartivano da quelle convenzionali. La fisica non si sviluppò tramite i ripetuti tentativi di generalizzazione delle osservazioni empiriche, come sembrano credere alcuni filosofi, ma quando alle spiegazioni dei fenomeni naturali (spesso alternative al senso comune), si accoppiò

la matematica. Galileo e Cartesio usarono l'algebra e la geometria per collocare gli oggetti nello spazio e nel tempo, iniziando così la rivoluzione concettuale in fisica e in astronomia; il moto dei corpi e la loro velocità trovarono la loro sistemazione grazie all'introduzione del concetto di moto inerziale. Divenne così possibile reinterpretare i dati (vecchi e nuovi) dell'astronomia alla luce dell'algoritmo matematico, e Newton poté riassumerli nelle sue famose leggi. E' vero che poco tempo dopo un filosofo acuto come Hume poté obiettare che la meccanica di Newton poggiava su osservazioni empiriche, sul principio di induzione, e che in linea di principio gli astri potevano improvvisamente cambiare direzione.

Tuttavia, la scienza si interessa a ciò che accade nel mondo finché funziona con le leggi che lo hanno governato finora, e gli sviluppi più recenti hanno mostrato che le leggi dell'Universo sono fisse, cambiare il valore di una sola delle costanti universali porterebbe al suo collasso. Pertanto, l'obiezione di Hume è fuor di luogo. La rivoluzione copernicana innescò e fece maturare l'idea che le stelle e il sistema solare fanno parte di un sistema unico, l'Universo, di cui la Terra è parte infinitesima. Tramontò così l'antropocentrismo ingenuo che aveva dominato tanta parte della storia umana. Questo stimolò il sorgere delle prime ipotesi sull'età della Terra, sull'origine ed evoluzione della vita e delle specie animali. Le discipline biologiche entrarono così a far parte della scienza moderna. Tuttavia, bisogna ripartire da Vico per un discorso sulla scienza e sul suo vero significato rivoluzionario. Giovanbattista Vico affermò che il *cogito ergo sum* di Cartesio dà "certezza ma non verità". L'enunciazione del *cogito ergo sum* stabilisce un criterio di coscienza, non di conoscenza. L'uomo diviene cosciente di sé pensando, ma non può basare la conoscenza solo sulla sua razionalità, l'evidenza razionale può risultare arbitraria. Vico affermò invece che l'uomo può conoscere solo ciò che egli stesso ha costruito. Questo criterio ha il merito di rendere conoscibile la storia dell'uomo e la sua evoluzione intellettuale, escludendo ogni tentazione determinista, poiché è l'uomo che costruisce la sua storia, cioè una collezione di eventi che sono accaduti ma che potevano non verificarsi.

Il modello platonico (mondo reale distinto dal mondo delle idee), ha dominato la filosofia e la scienza fino a Cartesio. Aristotele non rinnega Platone (anche se sorvola sul dualismo), e postula enti ed oggetti immateriali che non trovano rispondenza nella realtà (motore immobile, etere, forza vitale). Cartesio è il primo filosofo che postula un Universo fatto soltanto di materia, escludendo dal mondo la presenza di ogni forma immateriale, benché questo evento rivoluzionario venga spesso sottaciuto. Infatti, la sua ricerca della sede dell'anima, che egli colloca nella ghiandola pineale, viene spesso considerata con indulgenza, presentata come una ingenuità dovuta alle limitate cognizioni anatomiche dell'epoca. E' invece importante realizzare che Cartesio, avendo bandito l'immateriale, cercava una sede materiale per collocarvi le funzioni della coscienza. La sua teoria corpuscolare non abbisogna di enti immateriali per fare funzionare l'Universo. Cartesio riepuma Democrito e assume che l'Universo sia composto di minuscoli corpuscoli. Spiega i fenomeni naturali tramite il moto, la dimensione e l'interazione dei corpuscoli. Il modello materialista di Cartesio non viene modificato da Newton, che lo usa per stabilire le leggi della meccanica. L'empirismo di Hume (negazione delle dimostrazioni metafisiche) rafforza il modello, anche se la tendenza a postulare principi immateriali e occulti riaffiora in chimica con la teoria del flogisto.

Lavoisier, con il principio della conservazione della massa nelle reazioni chimiche, ristabilisce il modello e da allora gli sviluppi della chimica e della fisica si dimostrano compatibili con la concezione materialista di Cartesio. Per ultima, si afferma la convinzione che le leggi fondamentali dell'Universo non possono subire cambiamenti o sospensioni, pena la sua scomparsa. La rivoluzione astronomica era già avvenuta, e l'antica visione del mondo era cambiata. Il motore immobile era stato sostituito dal principio di inerzia, il geocentrismo dall'eliocentrismo. Non c'era più bisogno di un principio occulto o di una divinità per fare muovere i pianeti. Kant andò oltre, proponendo l'ipotesi della nebulosa primitiva all'origine del sistema solare. Inoltre, spazio e tempo erano stati riconosciuti categorie umane (Leibniz). Proseguendo su questa strada, Kant aveva necessità di identificare e specificare la natura degli strumenti che permettono all'uomo di accumulare conoscenza e li trovò negli *enti a priori*. Spazio, tempo e ragione sono innati, trascendono l'esperienza, permettono all'uomo di accumulare fatti e riflessioni. Avendo posto la fisica

di Newton (e più in generale la scienza) alla base del processo cognitivo, avendo cioè stabilito che essa presiede alla conoscenza dei fenomeni e degli oggetti reali, Kant ha di fatto retrocesso la filosofia a metadisciplina, cioè ad una disciplina che si occupa delle relazioni e dei rapporti fra i soggetti.

Riemergono però gli argomenti che pretendono di dimostrare l'impossibilità della conoscenza: la pretesa difficoltà a dimostrare la reale esistenza del mondo esterno intorno a noi. Visto che la mente agisce da filtro e che noi siamo costretti a percepire ciò che la mente ci rappresenta, non siamo sicuri di niente, la reale natura del mondo esterno rimane avvolta nel mistero. In effetti, tutti gli stimoli sensoriali esterni vengono da noi recepiti tramite i cinque sensi, che li trasmettono al sistema nervoso ed al cervello, dove vengono tradotti in linguaggio neuronale, e vengono così avvertiti dalla mente cosciente. I colori non esistono come tali in natura, è la nostra mente che ha sviluppato un sistema di traduzione delle frequenze luminose nell'iride, ma al di fuori del limitato campo dell'iride non avvertiamo le altre frequenze. Lo stesso vale per i suoni e per i sapori e gli odori. Sembrerebbe che il nostro mondo sia soggettivo, soggetto al filtro mentale, ma riflettendo meglio, le evidenze più semplici dimostrano il contrario. Abbiamo un linguaggio mentale in comune con gli animali. Riusciamo ad interagire con gli animali superiori. I cani capiscono perfino i comandi orali e molti altri animali entrano in contatto con noi in vario modo. Non potremo farlo se non avessimo lo stesso sistema sensoriale e mentale. Esiste un mondo esterno, una realtà con cui possiamo entrare in contatto. L'esplorazione scientifica del mondo esterno è ora diventata preponderante e viviamo ogni giorno l'esperienza della predizione degli eventi più vari. Poter predire un'eclisse o un temporale, ci rassicura sul fatto che possiamo aver coscienza oggettiva del mondo esterno. Se invece insistiamo a voler fare a meno dell'esperienza, se vogliamo dedurre tutta la conoscenza da argomenti logici, il problema rimane insolubile. I filosofi insistono spesso su queste posizioni, forse in ricordo di tempi in cui si ergevano barriere vincenti contro l'empirismo, considerato vile cosa a fronte della speculazione filosofica.

3 Ragione e scienza

Secoli di ragionamenti approfonditi e di speculazioni astratte non avevano risolto il problema del sistema solare (geocentrico/eliocentrico), dell'età della Terra (seimila anni/ quattro miliardi e mezzo di anni), del primo motore immobile (fino alla scoperta del moto inerziale, occorre che qualcuno facesse muovere l'universo). E l'elenco potrebbe continuare a lungo, passando dal non vivente al vivente. Solo quando al ragionamento furono accoppiati gli opportuni esperimenti scientifici, si ebbe crescita ed accumulo delle conoscenze.

Il mondo antico e medievale erano fermi alla teoria platonica della conoscenza, vista come ricordanza di cose già esistenti nel fantomatico mondo delle idee, fisso e immutabile. Non c'era quindi vantaggio alcuno a promuovere la sperimentazione. Benché la congettura sia un esercizio prettamente razionale, tuttavia ragione e scienza non sono sinonimi. Ovvio, perfino banale, ma se le differenze non vengono messe a fuoco, alcune importanti implicazioni rimangono sottaciute. La ragione da sola non basta a garantirci il sapere. Essa è condizione necessaria ma non sufficiente per acquisire nuove conoscenze. Questa è l'affermazione rivoluzionaria in cui si riassume il carattere innovativo della scienza. Per ragionare abbiamo bisogno di disporre di osservazioni e dati concreti. Possiamo ragionare su fenomeni e fatti che abbiamo acquisito in vari modi e da ciò trarre delle conclusioni, ma è possibile che ci manchino degli altri dati per cui le conclusioni risultano incerte. Oggi disponiamo dell'esperimento, che viene utilizzato unitamente agli strumenti logici della deduzione e dell'abduzione. Un esempio: si è determinato che i pianeti si trovano nella tale posizione in un certo momento. Questa è un'osservazione sperimentale. Se ammettiamo che essi si muovano in orbite ellittiche, quelle posizioni si spiegano. Pertanto, è plausibile che le orbite siano ellittiche. Questa è l'abduzione, un sillogismo in cui la conclusione risulta plausibile o verosimile, ma non necessariamente vera. Questo fatto è stato talvolta letto come un fattore negativo, che nega alla scienza un valore cognitivo pieno. Tuttavia, per citare un esempio fra i molti, l'eliocentrismo è stato completamente verificato. Il patto scientifico consiste nello spiegare la Natura

rimanendo nel naturale. Il programma scientifico prevede, invece, una continua ricerca di nuovi eventi da usare per testare le teorie correnti.

Grazie al metodo scientifico, la nostra civiltà si è arricchita dello strumento della sperimentazione, insostituibile per acquisire nuove conoscenze. Mai, come in questo periodo di accelerazione delle scoperte scientifiche, è stata così evidente la capacità di accumulo delle conoscenze da parte della scienza. Ancora agli albori del ventesimo secolo, Giovanni Gentile sosteneva che la verità scientifica sarebbe atemporale, tale da non possedere nessuna storia. Affermazione difficilmente condivisibile. Gentile doveva aver presente solo dei manuali di uso scolastico, quelli che servono ad insegnare un mestiere, una professione, e che consistono in una collezione acritica e dogmatica di nozioni utili allo scopo. La storia è una collezione di eventi che sono accaduti ma che potevano non verificarsi, la scienza fa dunque parte della storia dell'uomo. Noi esprimiamo giudizi attraverso il paragone e l'analogia, processi tutt'altro che precisi, e ciò determina il carattere tentativo delle conclusioni che formuliamo. Tutta la scienza è fatta di congetture ed il tema della storicità dell'impresa scientifica emerge sempre più chiaramente. Se l'affermazione della ragione come attività creatrice autonoma dell'uomo è stata una conquista del pensiero filosofico moderno, la versione fallibilista della conoscenza che si è fatta strada nel mondo contemporaneo è emersa dalla rivoluzione scientifica.

4 La scolastica e la scienza

Immaginiamo che da uno spazio o da un tempo esterni a quelli in cui oggi viviamo, ci giungano dei testi che contengono nozioni a noi del tutto ignote e che contraddicono almeno in parte ciò in cui crediamo, che entrino in conflitto con le idee che la nostra civiltà ha finora elaborato. Immaginiamo anche che già da una prima valutazione ci rendiamo conto che si tratta di roba ben fondata, che la nuova dottrina sembra contenere cose che mancavano alla nostra elaborazione del sapere. Indubbiamente, si imporrebbe con priorità assoluta un lavoro di confronto e di assimilazione del nuovo sapere, si aprirebbe un dibattito culturale di portata epocale, da cui potrebbe scaturire una nuova sintesi, un enorme balzo in avanti della nostra civiltà. Tutto ciò è soltanto ipotetico, ma qualcosa di molto simile si è invece verificato in Europa fra i secoli XI e XIV. Il crollo dell'Impero romano aveva portato le tribù germaniche in Italia e Francia, e quelle arabe in Spagna. Economia, cultura e civiltà erano regredite a livelli davvero impensabili. La pia ignoranza era stato per secoli il comune denominatore del pensiero in quei popoli. Tuttavia l'Europa imbarbarita dell'alto medioevo si scosse dal torpore, ricominciò a risalire la china.

E' in questa cornice di cambiamento e di rincorsa del primato perduto, che l'élite culturale dell'epoca, costituita essenzialmente da monaci e clero secolare, si trovò ad avere l'occasione di rifondare lo scibile umano. Infatti, è in quell'epoca che inizia e si sviluppa il confronto fra la teologia cristiana ereditata dalla patristica, caratterizzata dalla lettura letterale dei testi sacri, e l'edificio della filosofia e della scienza greca. La lingua greca era sconosciuta in Europa, i testi greci erano stati smarriti e dimenticati; bisognò attendere l'inizio della cacciata degli arabi dalla Spagna per riscoprirli. Benché i bizantini fossero di lingua greca e possedessero da sempre i testi di Aristotele, essi non si preoccuparono mai di raccordarli con la dottrina cristiana. La Scolastica non ebbe il suo corrispettivo nel mondo orientale bizantino, perché questo rimase neoplatonico, legato quindi ad una concezione strettamente gerarchica del mondo, emanante direttamente dalla divinità, e dalla dipendenza del sapere umano da Dio. Tutte le verità venivano dall'autorità della tradizione patristica e neoplatonica, erano preconfezionate e preesistenti, non c'era posto per dubbi e valutazioni. Una volta tradotti in latino, i testi dei filosofi greci arrivarono nei monasteri, ma soprattutto nelle Cattedrali delle grandi città europee e nelle annesse scuole teologiche, dove l'impatto fu subito traumatico. I greci avevano elaborato un sistema pressoché completo di risposte alle domande fondamentali dell'uomo: cosmologia, teologia, astronomia, matematica, fisica, biologia, morale, politica. Era una creazione intellettuale poderosa, specie se confrontata con il corpo dottrinale della cristianità di allora, che si riduceva alla Bibbia, alla narrazione evangelica, alla patristica.

Il compito che si profilò per le scuole teologiche cristiane (Parigi e Colonia emersero subito in queste attività), fu quello di analizzare in dettaglio le concezioni greche e di valutare quali di queste erano in accordo o disaccordo con le dottrine della fede. Iniziò allora una querelle di dimensioni epocali, la cui importanza culturale ed i cui effetti sulla civiltà occidentale non possono essere sottovalutati. Infatti, la nascita della scienza in Occidente è il prodotto di quel travaglio culturale. Le culture indiane, cinesi, arabe avevano sviluppato saperi allora ignoti in Occidente, gli arabi conoscevano i testi greci ed erano molto più avanti nel processo di formalizzazione delle conoscenze, eppure la scienza non germogliò in quei paesi. La struttura essenzialmente dogmatica della cultura cinese, indiana ed araba impedì il confronto dialettico fra i testi e le interpretazioni. La scienza occidentale moderna ha le sue radici nella Scolastica, figlia dell'aristotelismo coltivato da quei dotti. Infatti, fu allora che si formarono i centri di studio, Università e scuole episcopali (Parigi, Oxford, Colonia), che si diedero allo studio e commento dei testi filosofici e scientifici di Aristotele. Questi scrisse veri e propri testi scientifici, la cui essenza fu valutata dalla scolastica e confrontata con la dottrina cristiana tramandata dalla patristica dei primi secoli, suscitando accese discussioni. Il dibattito che si sviluppò intorno a quei temi non verté soltanto su temi teologici, ma coinvolse le tematiche dell'aristotelismo naturalistico. L'effetto di quel confronto mise in luce le insanabili differenze fra verità di fede e tesi dimostrabili razionalmente. Per quanto censurato e controverso risultasse il processo di assimilazione, la scolastica reintrodusse il percorso del ragionamento scientifico. Durante quattro secoli, la Scolastica, da luogo di semplice trasmissione di sapere, divenne, forse senza esserne pienamente cosciente, produttore di sapere.

Uno degli aspetti più interessanti degli studi sulla nascita della nuova scienza galileiana nel XVII secolo, sta nell'individuazione della Scolastica come il substrato culturale che ha permesso quello sviluppo. Alcuni studiosi anglosassoni parlano di un cambiamento improvviso di paradigma avvenuto nel XVII secolo, ma questa semplice constatazione non può certo bastare. La "rivoluzione scientifica" coincide con la sostituzione del paradigma aristotelico (statico) con quello moderno (dinamico). Essa ebbe origine in seno alla scolastica e partì da una corrente di pensiero minoritaria, che si contrapponeva alla vincente *summa* di Tommaso. La scoperta dei testi di Aristotele a Toledo non sarebbe diventata così importante se non si fosse palesato il contrasto con la dottrina cristiana, che si era sviluppata sui temi teologici agostiniani e si trovava ora di fronte alla complessità della filosofia greca.

All'interno della scolastica si profilavano alcune posizioni contrastanti. Tommaso ritenne i canoni agostiniani e tentò una conciliazione della dottrina cristiana con la filosofia aristotelica. Tuttavia, con il tentativo di Tommaso (che ebbe gran successo presso la curia romana), il ruolo della scienza continuava ad essere sottomesso alla dottrina teologica e alla fede. Una riflessione alternativa (Duns Scoto) fu invece volta a separare la teologia dalla filosofia (i metodi ed i fini delle due discipline sono differenti). La indipendenza di fede e ragione, sostenuta da Alberto Magno e da Guglielmo di Ockham, rivoluzionava le conclusioni di Tommaso, la scienza acquistava autonomia e lo stato di disciplina laica. Il processo scientifico fu riconosciuto essere diviso in speculazione teorica e sperimentazione. Ockham, col suo rasoio, affermò infine che è necessario essere forzati a trarre una conclusione univoca dagli esperimenti, e stabilì così il criterio su cui fondare il giudizio sul valore delle osservazioni e degli esperimenti. Tuttavia, le idee di Ockham e degli occamisti furono perdenti in seno alla chiesa romana; esse furono considerate speculazioni marginali e in seguito furono sminuite, per quanto possibile. L'esigenza di conciliare Agostino e Aristotele nacque da ragioni squisitamente teologiche, e si sarebbe volentieri rimasti in quell'ambito se non fosse stato per la necessità di stabilire un valore alle scienze empiriche. Il rasoio di Ockham stabiliva invece una metodologia precisa per valutare i risultati sperimentali. La separazione fra i domini della scienza e quelli della fede affrancava le conclusioni scientifiche dalla sudditanza alla dottrina. Una volta liberata dai vincoli teologici e dotata di un metodo di valutazione univoco, la critica sistematica del paradigma aristotelico poté svilupparsi.

Buridano introdusse il concetto di forza (*impetus*) nella meccanica, fatto importante perchè la sostituzione del concetto aristotelico di causa del moto con quello di forza costituì poi la base della nuova meccanica newtoniana. Nei secoli XIV - XVI gli occamisti continuarono la critica del-

L'aristotelismo e la scienza empirica si fece sempre più importante e accumulò sempre maggiori successi fino al trionfo galileiano. Il realismo di Galileo implicò l'affermazione di una rivoluzionaria teoria della conoscenza, sia rispetto a quella aristotelica che a quella della scolastica, che assegnava un valore puramente congetturale alle rappresentazioni scientifiche della realtà. Lo strumentalismo di Bellarmino sfruttava il comodo espediente escogitato dagli scolastici per svuotare le nuove conoscenze scientifiche di significato reale: si parlava "ex supposizione", si affermava che le nuove conoscenze scientifiche erano congetture, artifici matematici, niente di necessariamente reale. Galileo affermò invece il contrario ed il suo realismo stabilì il ruolo fondante della conoscenza scientifica. Negli oltre tre secoli che intercorrono fra Ockham e Galileo, le osservazioni scientifiche si moltiplicarono ed i progressi concettuali sul loro significato si fecero più pressanti. Bisognava dare conto delle acquisizioni scientifiche che si accumulavano, e che talvolta erano in contraddizione con la dottrina. La difesa del paradigma di Tommaso si attestò su posizioni nominaliste. La debolezza concettuale di questa posizione fu clamorosamente evidenziata dal processo a Galileo, che contrappose lo strumentalismo di Bellarmino al realismo di Galileo. Tuttavia, il risalto che ebbe la controversia geocentrismo/eliocentrismo, ebbe l'effetto di distorcere la prospettiva storica e contribuì a fare sottovalutare il contributo essenziale di Ockham e degli occamisti alla critica del paradigma aristotelico ed alla nascita della scienza.

Citazioni

- J. J. Bezelius, 1819: "La teoria è solo un modo di immaginarsi i fenomeni. Benché in un certo periodo dello sviluppo scientifico, essa serva interamente come una teoria vera, con l'accumulo delle conoscenze nei secoli si cambierà modo di immaginare i fenomeni nella scienza, senza forse trovare mai la verità. Succede a volte che due differenti spiegazioni siano entrambe possibili: è necessario studiarle entrambe. Se noi cambiamo teoria, la nuova deve spiegare meglio i fatti."
- A. M. Butlerov, 1880: "I fatti non spiegabili mediante le esistenti teorie sono i più preziosi per la scienza, perché dal loro studio è da attendersi il progresso scientifico nel prossimo futuro."
- J.-B. Dumas, 1836: "Il principio che gli atomi sono indivisibili è un'ipotesi indifferente, e pertanto solo una convenzione. Infatti, quale differenza comporta per i fatti della chimica se le masse chimiche elementari fossero suscettibili di essere tagliate infinitamente per mezzo di forze indipendenti dalla chimica?"
- A. Kekulè, 1867: "La questione se gli atomi esistano o meno, appartiene piuttosto alla metafisica. Noi dobbiamo soltanto decidere se l'assunto degli atomi sia un'ipotesi adatta alla spiegazione dei fenomeni chimici, e se un ulteriore sviluppo dell'ipotesi atomica promette di far avanzare le nostre conoscenze circa il meccanismo dei fenomeni chimici."
- A. Kekulè, 1867: "Io sono incline a pensare che un giorno troveremo, per quel che riguarda gli atomi, una spiegazione meccanico-matematica, che renderà conto del peso atomico, dell'atomicità, e di numerose proprietà dei cosiddetti atomi."

Riferimenti bibliografici

- [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, *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. 1970, *La logica della scoperta scientifica*, Einaudi, Torino
- [13] Popper K. 1965, *Congetture e confutazioni*, Bompiani, Bologna
- [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] Wittgestein L.W. 1978, *Della certezza*, Einaudi, Torino