

1.1 Il ragionamento e il metodo scientifico



1.2 Ignoranza e curiosità

I Sumeri, gli Assiro-Babilonesi, i Greci, i Persiani, gli Egizi e forse anche i neolitici e i loro progenitori: gli uomini hanno sempre dedicato tempo ed energie per cercare di scoprire le regole che governano il mondo.

E hanno considerato il sapere come un bene prezioso da conservare e tramandare.

Gli Egizi, per esempio, conoscevano la matematica. E avevano i loro “libri di testo”, come li chiameremmo noi, con una serie di problemi e il relativo metodo di soluzione.

Vi si trovavano raccomandazioni simili a questa:

“Se farete così, farete bene, altrimenti sarà fatto male”.

Nessuna dimostrazione, nessuna indicazione del perché, nessuna apertura alla possibilità di trovare soluzioni migliori.

Alcuni millenni dopo, Galileo Galilei, che cercava di mostrare al telescopio l’esistenza dei satelliti di Giove, si trovava davanti a obiezioni di questo genere:

“Se Aristotele non avesse scritto il contrario, sembrerebbe proprio che questi satelliti ci siano davvero...”.

Il sapere, dicevamo, era un bene prezioso da conservare e trasmettere, ma non da sviluppare!

E il metodo di trasmissione era autoritario, come autoritario era il sistema politico e religioso.

Poi, a partire dal Rinascimento e ancora di più con Galileo, è successo qualcosa...

1.3 Scrittura e curiosità

Galileo è considerato l'iniziatore di una vera rivoluzione del pensiero (e non solo): la rivoluzione scientifica.

Una rivoluzione basata sull'incontro tra un vecchio mezzo di comunicazione e un atteggiamento non nuovo, ma per troppo tempo guardato con sospetto.

Il mezzo di comunicazione, ci dice lo stesso Galileo, è la scrittura alfabetica che permette di:

- conservare ogni tipo di informazioni;
- ricombinarle per produrre sempre nuova conoscenza;
- superare le barriere di spazio e tempo tra gli uomini.

La scrittura è il medium ideale per stimolare e supportare quell'atteggiamento, fatto di voglia di scoprire e di apprendere, che accomuna Ulisse, Socrate, Cristoforo Colombo e Galileo. In una parola, la curiosità.

La parola "curiosità" è interessante. Un po' per la sua assonanza col latino "cur?", cioè "perché?". Un po' per la sua derivazione da un'altra parola latina: "cura". Da cui deriva anche la bellissima espressione anglosassone "I care".

Il curioso non è, quindi, un ficcanaso, ma colui che si prende cura, che si interessa.

La scienza è una continua ricerca spinta dalla curiosità, ma attenta a non creare dogmi. Quegli stessi dogmi che hanno ingessato la conoscenza per più di un millennio...

1.4 Uno strumento nuovo

La scienza moderna differisce da tutti i precedenti strumenti di gestione della conoscenza.

Per diversi motivi:

La disponibilità ad ammettere l'ignoranza. Recuperando il "so di non sapere" socratico, la scienza accetta, anzi presuppone, la presenza dell'ignoto che aspetta di essere scoperto e interpretato.

L'accettazione della provvisorietà del sapere. Le teorie scientifiche sono esposte al giudizio altrui e, per questo, sono impalcature provvisorie che possono essere dimostrate false. Ma proprio la falsificazione apre le porte alla nuova conoscenza.

La centralità dell'osservazione e della matematica. Da Galileo in poi, l'osservazione dei fatti è la prova regina. Dall'osservazione nascono i dati che verranno collegati con strumenti matematici per costruire teorie generali.

Il suo legame con la tecnologia e col potere politico, di cui parleremo più avanti.

1.5 Il metodo scientifico

Nel 1881, il chimico francese Louis Pasteur eseguì un esperimento spettacolare, di fronte a una folla entusiasta.

Voleva dimostrare l'efficacia della vaccinazione contro il carbonchio che decimava le greggi.

Era un'idea data da due osservazioni:

- le pecore si ammalavano a contatto con il materiale derivante da animali malati o con i campi in cui avevano pascolato;
- nel sangue degli animali malati si osservavano, al microscopio, molti bacilli di tipo particolare.

Da qui un'ipotesi e una predizione:

- L'ipotesi, figlia di un processo di generalizzazione induttiva, era questa: il carbonchio è causato dal batterio dell'antrace e non da una generica "aria malsana".
- Da qui la predizione della possibilità di prevenire l'infezione con la vaccinazione, cioè con l'inoculazione del bacillo attenuato dell'antrace.

Per verificare la predizione, e quindi l'ipotesi, Pasteur vaccinò un gruppo di 30 animali (pecore, capre e mucche).

Poi inoculò il bacillo antrace a questo gruppo sperimentale e a un secondo gruppo di controllo, non vaccinato, che aveva la stessa composizione. I risultati furono questi:

- nel primo gruppo sopravvissero tutti gli animali tranne uno;
- nel gruppo di controllo si ammalarono tutti e, tranne due, morirono in breve tempo.

Osservazione, ipotesi, previsione, verifica sperimentale, controllo dei risultati: gli ingredienti del metodo scientifico c'erano tutti.

1.6 I cicli conoscitivi

È chiaro che la ricerca scientifica deve combinare, in modo flessibile, diversi tipi di processo:

- induttivo (o abduttivo), e
- deduttivo.

Processi che si possono ripetere ciclicamente.

Tra gli epistemologi e i filosofi della scienza, non c'è un vero accordo sul fatto che esista “un” solo metodo scientifico, né in cosa eventualmente consista.

I punti di vista prevalenti sono due ed entrambi descrivono il metodo scientifico come un ciclo

- il primo pone l'enfasi sull'atteggiamento sperimentale-induttivo;
- il secondo sulla teorizzazione che precede l'osservazione.

Vediamoli meglio...

1.7 Il ciclo conoscitivo induttivo

In molti campi di ricerca, ponendo l'enfasi sull'atteggiamento sperimentale-induttivo, si può individuare un ciclo conoscitivo articolato in cinque fasi, che si può ripetere con qualche variante:

- L'osservazione è l'alfa e l'omega della ricerca sperimentale.
Consiste nell'identificare le caratteristiche del fenomeno, per lo più effettuando misurazioni con strumenti adeguati.
- Poi i dati grezzi delle misure vengono elaborati in vari modi: applicando trasformazioni matematiche, cercando correlazioni, estraendo valori significativi con metodi statistici.
- La fase successiva consiste nel costruire modelli che rappresentino il fenomeno studiato attraverso altri elementi. Possono essere modelli “fisici”, basati su elementi di cui si conosce il funzionamento (come quando un gas viene equiparato a un insieme di palline) o modelli più astratti, descritti da figure geometriche e formule matematiche.
- Segue la formalizzazione della teoria, che permette di ricavare un insieme organico di leggi in grado di spiegare il fenomeno osservato.
- Infine, la sperimentazione, che, se possibile, crea artificialmente fenomeni che permettano di verificare le previsioni della teoria, cercando di tenere sotto controllo tutte le variabili che non interessano.
È quello che ha fatto Pasteur inoculando il carbonchio negli animali vaccinati e no.

La verifica dei risultati sperimentali richiede una nuova osservazione che, soprattutto se i risultati non sono quelli attesi, avvia un nuovo ciclo.

1.8 Teorie provvisorie, non ancora falsificate

Uno dei maggiori critici della concezione induttiva del metodo scientifico fu il filosofo austriaco Karl Raimund Popper.

Secondo Popper, l'osservazione non è neutra, ma è sempre carica di teoria, la stessa teoria che si vuole mettere alla prova.

Significa che la mente umana vede innanzitutto quello che vuole vedere.

Che fare allora? Popper propone un'idea nuova: lo scopo della sperimentazione non è verificare una teoria, ma falsificarla.

Ne risulta un ciclo a tre fasi:

- Prima fase. La teoria è nella testa del ricercatore, anche se non è formulata esplicitamente. In questa teoria rientrano fattori culturali, ma anche estetici. Molti fisici, per esempio, cercano la simmetria nell'universo e nel mondo subatomico. E tutti gli scienziati vogliono spiegazioni il più possibile semplici.
- La successiva fase di sperimentazione è guidata dal metodo deduttivo e punta a demolire la teoria.
- La falsificazione della teoria rimette tutto in gioco, aprendo la strada a una teoria migliore.

In parole povere, è come se per dormire sonni tranquilli assoldassimo degli scassinatori che provino a scardinare la porta di casa. Sembra una bizzarria, ma le grandi compagnie informatiche fanno proprio così: assumono gli hacker migliori o li invitano a tentare in ogni modo l'intrusione nei propri sistemi.

Non tutti accettano in toto le idee di Popper. Per esempio, qualcuno ha fatto notare che anche la falsificazione di una teoria deve essere considerata provvisoria.

Ma da questo grande filosofo ricaviamo almeno due idee forti:

- La prima è che non dobbiamo mai dire che una teoria è "vera". Se resiste ai tentativi di falsificazione, possiamo solo ritenerla (per ora) più valida delle altre.
- La seconda è un criterio per distinguere ciò che è scienza da ciò che non lo è: la possibilità di falsificazione. Chiunque può credere che esistano un destino già scritto, una divinità onnipotente o gli elfi del bosco. Ma siccome non è possibile produrre una prova contraria, la scienza è libera di non occuparsi di queste cose.

1.9 Generalizzazione e categorizzazione

La scienza non consiste semplicemente in affermazioni sulla natura, ma nell'elaborazione di teorie che ci permettono di parlare dei fenomeni naturali usando due livelli di discorso: uno concreto, l'altro astratto.

Le teorie scientifiche fanno riferimento a enti teorici (come animali, quadrati, onde e particelle), non a oggetti concreti (come il nostro cane, un tavolo o una lampadina).

I concetti teorici ci servono per fornire un modello del mondo che ci aiuti a comprenderlo e a sapere cosa ci possiamo aspettare quando incontriamo un cane, poggiando qualcosa sul tavolo, accendiamo la luce.

Animali, quadrati, onde e particelle sono categorie, che costruiamo teoricamente con un processo di generalizzazione.

Categorizzare significa accomunare in una "categoria" una varietà di oggetti o eventi "simili", sulla base di proprietà o attributi comuni, trascurando alcune differenze considerate di dettaglio.

Ecco un esempio...

Questa è una categorizzazione a più livelli che si può leggere nelle due direzioni:

- dal basso in alto, troviamo progressive generalizzazioni (cane, gatto e cavallo rientrano nella categoria “mammiferi”, rettile, mammifero e uccello sono “animali”);
- dall’alto al basso, vediamo una specializzazione sempre più spinta.

Qui, naturalmente, non stiamo parlando di oggetti specifici, ma di categorie. Significa che, fino a prova contraria, si applica a ciascun cane:

- tutto quello che possiamo dire della categoria “cane”;
- tutto quello che possiamo dire delle categorie superiori “mammifero” e “animale”.

Ma, attenzione: non è vero il contrario. Non possiamo estendere alla categoria “cane” tutte le caratteristiche del nostro cane: la taglia, il colore, il carattere, la forma delle orecchie...

Detto in un altro modo: il nostro cane non è la categoria “cane”!

1.10 Astrazione e realtà

Categorizzare e generalizzare sono forme di astrazione, cioè processi mentali che:

- si allontanano dalla realtà concreta;
- generano modelli semplificati di questa realtà, estraendone una parte e trascurando tutto il resto.

I criteri di selezione delle caratteristiche da includere in un modello semplificato sono arbitrari. Questo è più evidente nel caso delle scienze naturali: noi (o qualcuno per noi) ha deciso che il colore del pelo è trascurabile per decidere se il nostro animale domestico rientra nella categoria “cane”.

E qualcun altro aveva deciso che per rientrare nella categoria “mammifero” è essenziale allattare i piccoli e che una caratteristica della categoria “uccello” era il deporre le uova.

Poi però, quando arrivarono dall’Australia i primi ornitorinchi, che depongono le uova e poi allattano i piccoli, le categorie così formulate entrarono in crisi e ci vollero decenni per accordarsi su una definizione più aderente alla nuova realtà.

Questo esempio mostra come le teorie scientifiche si devono mantenere in equilibrio tra due principi. Primo tra tutti l’aderenza alla realtà.

E il secondo?

È la ricerca della semplicità...

1.11 Cercare la semplificazione

Perché gli zoologi preferirono rivedere le categorie “mammifero” e “uccello”, piuttosto che aggiungerne

una nuova per gli ornitorinchi?

È perché adottano un principio formulato nel XIV secolo dal filosofo Guglielmo di Ockham. Un principio noto come “rasoio di Occam”, che si può formulare così:

“Non moltiplicare gli elementi se proprio non è necessario”.

O, in altre parole:

“La spiegazione migliore è quella più semplice”.

È per questo che uno dei grandi successi della fisica fu capire che l’elettricità e il magnetismo non studiano forze tra loro indipendenti, ma due aspetti di uno stesso insieme di fenomeni.

E che ancora adesso le quattro forze conosciute (gravitazionale, elettromagnetica, nucleare forte e nucleare debole) sembrano ancora troppe. E i fisici stanno cercando in tutti modi di unificarle in una “teoria del tutto”.

La scienza costruisce edifici teorici complessi, nei quali dai fondamenti, cioè dal minor numero possibile di assunti di base, si deducono decine o centinaia di teoremi, che sono le conseguenze necessarie delle premesse.

L’esempio più antico e noto di questo metodo è la geometria euclidea, dove gli enunciati considerati veri sono di due tipi:

- i fondamenti della teoria (chiamati anche postulati, assiomi, o principi), e
- quelli che se ne possono dedurre logicamente.

1.12 Quando è difficile sperimentare

Molte delle nostre considerazioni sul metodo scientifico si adattano bene alle scienze “hard”, come la fisica, ma non sono altrettanto valide per altre scienze considerate “soft”.

La differenza è nell’approccio sperimentale.

Esistono eventi o processi naturali, come i fenomeni meteorologici e l’evoluzione delle specie viventi, che è impossibile riprodurre in laboratorio. Possiamo costruirne modelli e simulare i fenomeni al computer, ma i risultati non hanno la stessa forza probante di una sperimentazione sul campo.

Un ragionamento simile vale per la storia e per l’economia, per cui non esistono laboratori. E sperimentare nel tessuto sociale “vero” non è possibile. Se anche lo fosse, non sarebbe consigliabile.

Altre volte, la sperimentazione non è possibile per ragioni di scala, come nel caso dell’astronomia, o perché fa perdere di vista la complessità, come nello studio del cervello.

Il discorso si fa ancora più articolato nelle scienze umane e sociali, come le discipline giuridiche, quelle

storico-filosofiche, la sociologia, la psicologia, la psicoanalisi e la pedagogia. E in campi come l'archeologia e la paleontologia.

In tali settori, si possono effettuare sperimentazioni e impiegare tecnologie avanzate e metodi statistico-quantitativi. Ma la riproducibilità degli esperimenti e la falsificabilità delle teorie restano problematiche.

Ma allora cos'è che contraddistingue la scienza?

La domanda è complessa, ma qualche risposta l'abbiamo...

1.13 Trasparenza, confronto, verificabilità

Per poter chiamare "scienza" una disciplina e la ricerca che si svolge al suo interno, bisogna attenersi ad alcune regole.

- La prima regola è permettere ad altri di replicare l'esperimento, se di esperimento si tratta, o di ripercorrere un'esperienza.
- La seconda, legata alla prima, è pubblicare quello che si fa e accettare il confronto, per esempio tramite la peer-review delle pubblicazioni scientifiche.
-

Sulla trasparenza e sull'apertura alla critica è basata una delle più interessanti iniziative basate sul web. Si tratta di Wikipedia, che è nata su una scommessa temeraria: invitare a collaborare alla compilazione non solo provati "esperti", ma addirittura "tutto il mondo".

L'idea però ha funzionato e oggi, per alcuni campi e per alcune lingue, molti valutano l'affidabilità di Wikipedia pari a quella di altre blasonate enciclopedie.

Perché? Perché ogni informazione inserita in Wikipedia deve essere verificabile.

"Verificabile" significa che chiunque può controllare quello che legge e l'attendibilità delle fonti. Ed eventualmente proporre correzioni e integrazioni.

Verificabilità non equivale a verità e correttezza, ma in genere è un buon criterio di verosimiglianza.

1.14 Scienza e tecnologia

Nel dibattito attuale è difficile individuare un confine chiaro tra scienza e tecnologia. E, se non bastasse, per tecnologia oggi si intende quasi solo quella che sta dietro all'informatica e alle telecomunicazioni.

Ma non è sempre stato così.

Nelle antiche civiltà e fino al Rinascimento, troviamo molte conoscenze sui fenomeni naturali, in cui la filosofia e la religione avevano un ruolo preminente. E le tecnologie venivano tramandate e modificate (lentamente) in botteghe artigiane o all'interno di corporazioni.

Ma tra il mondo dei sapienti e quello degli artigiani non c'era alcun legame significativo.

Poi, con la rivoluzione scientifica è avvenuto un fatto nuovo: i due mondi si sono incontrati. Così, per fare un esempio, la tecnologia dei motori elettrici, delle dinamo e, più tardi, della radio è stata sviluppata dalle stesse persone che sviluppavano la teoria elettromagnetica "pura".

Erano, cioè, vere applicazioni pratiche della teoria usate per acquisire nuove capacità.

Un circolo virtuoso che non ha coinvolto solo teoria e tecnologia...

1.15 Scienza e potere

A partire dalle grandi scoperte geografiche del '4-'500, che hanno portato ai grandi imperi moderni, e dalla più recente rivoluzione industriale, si sono create strette relazioni in cui scienza, tecnologia, potere e ricchezza si esaltano reciprocamente:

- il potere politico finanzia la ricerca;
- la ricerca genera tecnologia e ricchezza;
- la tecnologia aumenta la ricchezza e conferisce potere militare;
- il potere militare rafforza il potere politico;
- la ricchezza conferisce altro potere e consente ulteriori investimenti in ricerca e tecnologia.

Se in passato i governanti temevano l'innovazione, poiché incrinava il loro potere, oggi le cose sono cambiate e i governi di tutto il mondo vedono nella tecnologia la soluzione di molti problemi.

È un bene?

E che legame c'è tra scienza e democrazia?

1.16 Scienza e democrazia

Nella storia, si è riscontrata una correlazione positiva tra la democrazia e lo sviluppo del metodo scientifico basato sulla dimostrazione.

Che, forse non per caso, ha almeno due precedenti nella Grecia classica, che è considerata la culla della democrazia, anche se ci sono notevoli differenze tra la cosiddetta democrazia di Atene e l'idea di democrazia che abbiamo noi:

- La riflessione filosofica, che nel mondo greco aveva già qualche secolo.
- La retorica, legata alle decisioni collettive prese nelle assemblee. Questo richiedeva l'abilità di sostenere le proprie tesi con argomenti solidi. Un'arte strettamente imparentata con la logica.

Ma, secondo un altro punto di vista, nel mondo moderno tra scienza e democrazia esiste un conflitto insanabile, perché la scienza non sarebbe un sapere puro a disposizione dell'umanità. Al contrario, il suo legame con il potere si tradurrebbe in uno dei due fenomeni, entrambi molto negativi:

- Un forte condizionamento del potere sulla scienza, con l'arma dei finanziamenti.
- Uno strapotere della tecnoscienza, che non accetta alcuna forma di controllo esterno e, anzi, impedisce alla politica di prendere decisioni per il bene comune.

Comunque la pensiamo, un fattore essenziale per spostare l'equilibrio tra scienza e potere nella giusta direzione è rendere la scienza e il metodo di cui è portatrice un vero patrimonio di tutti...

1.17 Mantenere un difficile equilibrio

Quando la scienza si incontra con la cronaca, le mode o le polemiche politiche, come è accaduto di recente con temi importanti come le vaccinazioni, gli organismi geneticamente modificati e l'uso crescente degli integratori alimentari, entriamo in un terreno che richiede attenzione ed equilibrio:

- Da una parte, la storia insegna che è pericoloso fare crociate contro le teorie scientifiche eccentriche rispetto a quelle dominanti. Perché, come sappiamo, la validità di una teoria è sempre provvisoria.
- Dall'altra, è importante tenere alta la guardia sulla diffusione di teorie pseudoscientifiche e affermazioni allarmistiche, che rischiano di produrre un notevole impatto negativo, specie in ambito medico.

La difficoltà è riportare anche i temi "caldi" all'interno di un corretto confronto, basato su dati e argomentazioni verificabili.

Per fortuna, troviamo anche in Italia importanti iniziative nella giusta direzione:

- Ci sono ricercatori, come Silvio Garattini, che hanno svolto una lotta appassionata contro il proliferare di farmaci "inutili" o le terapie "alternative" come l'omeopatia.
- E ci sono anche organizzazioni che combattono le "fake news" scientifiche. È il caso del CICAP (Comitato Italiano per il Controllo delle Affermazioni sulle Pseudoscienze), nato nel 1989 per iniziativa di Piero Angela e di un gruppo di scienziati e intellettuali.

La sua dichiarazione di intenti è un vero manifesto del pensiero critico...

1.18 Come evolve la scienza

Come si può parlare di scienza a chi scienziato non è?

Fare divulgazione scientifica è importante per socializzare la conoscenza e stimolare il pensiero critico, ma qualche rischio c'è sempre.

Rischio a cui non sfuggono né i migliori divulgatori, né i grandi scienziati che cercano di rendere comprensibili le loro scoperte (come Stephen Hawking) o di esporre i punti essenziali delle teorie sulla relatività e sullo spazio-tempo (come Carlo Rovelli).

Gli aspetti problematici sono due:

- Il primo è stabilire chi dovrebbe fare la divulgazione. Gli scienziati, i divulgatori di professione o i giornalisti?
- Il secondo è stabilire fino a che punto è lecito semplificare, ricorrere all'analogia e usare immagini a effetto.

Infatti, ci sono aspetti che è molto difficile semplificare senza snaturare.

Pensiamo all'elettrone. Gli scienziati cercano da decenni una teoria che dia conto di tutti i suoi comportamenti.

Per questo, nella divulgazione, si parla disinvoltamente di "doppia natura" dell'elettrone, che a volte si comporterebbe come un'onda e altre volte come una particella.

Così una seria questione di fisica si trasforma in una storia alla "Dottor Jekyll e Mister Hyde".

Ancora più problematico è cogliere e rendere pubbliche le conseguenze dello sviluppo scientifico e tecnologico. Siamo certi che la velocità diventerà frenetica, ma per quanto riguarda i risultati dobbiamo accettare la nostra "smisurata ignoranza", per usare le parole di Luciano Gallino.

Significa che le scelte che stiamo facendo adesso avranno risultati imprevedibili e, in gran parte, non intenzionali.

E non sappiamo se sarà sempre un progresso positivo e razionale.