

Balle di Scienza

**Storie di errori
prima e dopo Galileo**

PISA — PALAZZO BLU
MARZO — GIUGNO 2014





Scienza deriva dal latino *scire* che significa *sapere* o da *sciens* che significa *avere conoscenza*. Ci rivolgiamo agli scienziati come esperti e ci fidiamo di ciò che è “scientificamente provato”, ma anche gli scienziati sbagliano e guai a pensare il contrario. Quando vanno in laboratorio portano con sé convinzioni filosofiche o religiose e le loro assunzioni riguardo alla natura profonda della realtà. In realtà, però, gli errori sono una delle molle del progredire della scienza. Come diceva Richard Feynman (premio Nobel per la Fisica nel 1965): « la scienza è fatta di errori, che sono utili perché, piano piano, sono proprio questi errori che ci guidano verso la verità ».

Il metodo galileiano ci insegna quindi ad autocorreggerci, e fa sì che la scienza avanzi soltanto quando riconosce i propri errori precedenti.

In Occidente, il pensiero scientifico moderno, così efficace per il nostro procedere “verso la verità”, mosse i primi passi nel contesto della filosofia greca e ci è stato tramandato attraverso la civiltà della Roma antica: senza dimenticare che molto dobbiamo anche agli egizi, e alle culture ebraica ed araba. Guardando la scienza antica con occhi moderni non dobbiamo infatti cadere in valutazioni semplicistiche. L’idea della Terra al centro dell’Universo o la descrizione dei quattro elementi della Natura potrebbero farci sorridere, ma è a partire da quelle visioni del mondo – anche se parziali ed erronee – che ha preso le mosse il cammino moderno della conoscenza.

E anzi, ci si dovrebbe chiedere come mai i greci e i romani, pur essendosi spinti molto avanti, si siano fermati alla soglia della scienza moderna. Perché non hanno saputo compiere quel passo che avrebbero fatto solo nel sedicesimo secolo Copernico, Vesalio e Galileo, proprio ripartendo dalle opere di Tolomeo, Galeno e Archimede? La risposta non è semplice e nemmeno univoca. Certo, nella società greco-romana esistevano medici, architetti e ingegneri che erano consapevoli dell’importanza pratica delle loro speculazioni teoriche. Ma i loro sforzi erano s coordinati: non ci fu un impegno sistematico ad esplorare fino in fondo l’applicazione pratica delle loro conoscenze.

L’investigazione scientifica non era vista come mezzo per migliorare la qualità della vita. E per poter sottomettere la Natura ai bisogni dell’uomo era sufficiente

Specchio ustorio di Archimede, affresco inizio XVII sec.
Galleria degli Uffizi, Sala delle Matematiche, Firenze



Eureka e cantonate: dove si fermò la scienza antica.



Mulino vitruviano litografia tratta da “De architectura”, edizione 1521

aumentare il numero degli schiavi. Questo convincimento sopravvisse per lungo tempo, anche quando gli schiavi cominciarono a scarseggiare.

L’uso pratico delle informazioni scientifiche quindi non aveva un’importanza primaria: la Natura veniva studiata soprattutto per il proprio personale piacere di imparare, per il desiderio di elevare la propria consapevolezza del mondo e della vita. La scienza faceva parte di un ciclo di studi “liberali” aperti a una ristretta minoranza privilegiata. La Fisica e in generale lo studio dei fenomeni naturali, facevano parte della Filosofia, e la finalità della comprensione della Natura era principalmente “amore per la conoscenza”. Anche per questo nella scienza antica prevalse in generale un’impostazione teleologica ovvero l’idea che si possa interpretare la Natura in base alle finalità che dovrebbe perseguire, con una prospettiva decisamente antropocentrica. A ciò si associò la mancanza di un diritto diffuso alla conoscenza e all’apprendimento e un’impostazione dogmatica dell’insegnamento (“ipse dixit”). Furono dunque questi limiti, assieme alla difficoltà ad accettare la complessità della Natura e all’uso molto limitato di strumenti di indagine, che non consentirono lo sviluppo ulteriore della scienza antica. **La scienza del Rinascimento però non è sorta solo in virtù della riscoperta dei libri dell’antica Grecia ma anche grazie alla rivoluzione tecnologica del Medioevo che, nell’Europa Occidentale, aveva preparato il terreno giusto.** La civiltà medioevale, sorta dal disgregarsi delle società fondate sulla schiavitù, vide in breve tempo il fiorire di nuove invenzioni che trasformarono le basi economiche dell’esistenza. E il tardo Medioevo, per la prima volta nella storia, realizzò una civiltà complessa basata su energie non umane. Con l’invenzione della stampa e la conseguente diffusione della cultura antica si vennero poi a creare le condizioni per la nascita della scienza moderna.

Il metodo scientifico: quattro balzi verso la modernità

Galileo mostra il piano inclinato agli studenti,
elaborazione dell'affresco di Giuseppe Bezzuoli,
Tribuna di Galileo,
Museo Zoologico La Specola, Firenze



Quella che noi oggi chiamiamo scienza si affermò come critica radicale della filosofia della natura tradizionale, e soprattutto della fisica aristotelica, che ne costituiva il culmine. **Il processo verso la scienza moderna, per quanto mosso da motivazioni potenti, tuttavia procedette necessariamente a piccoli passi.** Galileo infatti vuole solo «accordare qualche canna di questo grande organo discordato» che è la filosofia, vuole cioè accordare la canna della filosofia della Natura, lasciando ad altri il compito di accordare l'intero organo. E analogamente Bacone, che chiama *instauratio magna* ("grande rinnovamento") questa ricostruzione, scriverà il *Novum Organum*, di cui però anch'egli tenta di accordare solo qualche canna.

In questa nuova visione viene sempre più affermandosi la convinzione che la scienza è potenza, capacità di dominio sulla Natura. Il valore della scienza è cioè la capacità di instaurare il *regnum hominis* nel mondo. La Terra, afferma Galilei, «noi cerchiamo di nobilitarla e perfezionarla»: anche per lui la scienza non è semplice contemplazione, ma dominio, potenza. Riproducendo realmente le condizioni di isolamento di un certo fenomeno, l'esperimento è già una forma di dominio della natura e, scoprendo la legge secondo cui il fenomeno si realizza (la legge che lo unisce a un altro fenomeno), mette l'uomo in grado di dominare metodicamente la Natura.

Questo dominio per Galilei è possibile, perché la scienza coglie la vera realtà del mondo intorno a noi, che è esterna alla mente ma conoscibile dall'uomo: è la

struttura quantitativa della realtà, che solo la Matematica può catturare. La scienza moderna assume quindi che l'Universo sia razionale, cioè conoscibile, e che le leggi della Natura siano universali, ovvero le stesse ovunque e che valgano sia a livello microscopico che macroscopico.

È il metodo scientifico a insegnarci come investigare il mondo naturale e quindi come comprendere le sue leggi, seguendo quattro passi fondamentali: l'osservazione e descrizione di uno o più fenomeni; la formulazione di un'ipotesi per la spiegazione dei fenomeni, che prendono la forma di un meccanismo causale o di relazioni matematiche; l'uso delle ipotesi per predire l'esistenza di altri fenomeni o per predire quantitativamente i risultati di nuove osservazioni; la verifica sperimentale delle predizioni da parte di vari sperimentatori indipendenti attraverso esperimenti realizzati correttamente. Se gli esperimenti avvallano le ipotesi, queste possono essere accettate come una teoria o come leggi della Natura. Le ipotesi non sostenute dagli esperimenti devono essere scartate o modificate.

La chiave del metodo scientifico è senza dubbio il suo potere predittivo. La scienza funziona quando possono essere fatte molte misure di uno stesso fenomeno e le ipotesi trovano conferme indipendenti da parte di più osservatori. Però, attenzione: c'è sempre la possibilità che una nuova osservazione o un nuovo esperimento si dimostri in contraddizione con una teoria ritenuta valida fino ad allora.

La locomotiva, che sfrutta la potenza della macchina a vapore, è uno dei simboli della rivoluzione industriale.



Errori e balle dopo Galileo

Immagine satirica sull'inoculazione del vaccino da parte di E. Jenner
incisione di James Gillray.



C'è un filo rosso che collega le dispute di filosofia naturale dell'inizio del '600 e l'invenzione delle macchine e delle tecniche che più di un secolo dopo avrebbero rivoluzionato l'economia e la vita della società occidentale. Le tecnologie della rivoluzione industriale incarnarono infatti il dominio sulla Natura, donato all'uomo dal metodo scientifico ovvero da quel modo di osservare e spiegare i fenomeni naturali inaugurato da Galileo. Da allora la scienza moderna ha cambiato così profondamente l'esistenza dell'umanità da indurci a considerare infallibile il suo metodo e a dare fiducia illimitata alla parola degli scienziati. A guardare più attentamente la sua storia scopriamo però che la scienza è - inaspettatamente - fatta di errori, che il metodo ci ha insegnato però a rendere utili. **La validità dei risultati è garantita proprio dal fatto che gli scienziati sono consapevoli di poter sbagliare e quindi rivedono e correggono continuamente le proprie idee, avvicinandosi così, in un processo potenzialmente infinito, a una spiegazione sempre più corretta dei fenomeni naturali.** Non deve quindi sorprendere che il percorso della conoscenza, anche dopo Galileo, sia costellato in ogni campo del sapere di teorie o spiegazioni risultate poi erranee, incomplete o del tutto false.

Ci sono idee che hanno colpito il nostro immaginario per la potenza visionaria delle loro spiegazioni: come la presenza di canali su Marte, magari tracciati da una popolazione aliena o la teoria - accolta fino all'inizio del '900 - di un'espansione costante del volume terrestre per spiegare la deriva dei continenti. Altre volte si tratta di vere e proprie superstizioni scientifiche, che hanno resistito a lungo all'evidenza

delle osservazioni e degli esperimenti.

È il caso dell'etere, una sostanza impalpabile e invisibile che - secondo molti fisici ancora all'inizio del secolo scorso - avrebbe dovuto riempire l'intero spazio, facendo da supporto alla propagazione della luce. E ancora: negli ospedali solo alla fine dell'800 si cominciò ad accettare che fossero le scarse condizioni igieniche e il proliferare di germi a provocare le frequenti infezioni e cancrene durante o dopo gli interventi chirurgici.

Infine dagli errori, da imprevisti di laboratorio o da direzioni di ricerca sbagliate, possono sbocciare scoperte fondamentali. Una delle più famose è quella della penicillina, che Alexander Fleming osservò per caso nella muffa, che aveva rovinato una coltura di batteri del suo laboratorio. Così come furono scoperti per caso sia la radioattività sia i raggi X che, oltre a consentirci di penetrare la struttura atomica della materia, sono divenuti strumenti indispensabili di diagnosi medica. Tutto questo non deve stupirci, se solo pensiamo che molto di quello che sappiamo della genesi del nostro Universo è il risultato dello studio della radiazione cosmica di fondo, scoperta da due ingegneri, Arno Penzias e Robert W. Wilson, mentre cercavano di riparare il guasto di un'antenna radio della Bell Telephone Company!

Avete sentito parlare della fusione fredda o dei neutrini più veloci della luce? O del fatto che lo sbarco sulla Luna potrebbe essere una finzione girata in uno studio televisivo?

Sono tante le notizie di scienza che sono entrate nel nostro immaginario attraverso la comunicazione dei media - giornali, tv, web - in cui siamo immersi ogni giorno. Probabilmente in molti di questi casi non sapremmo dire quale sia stato l'esito di quelle notizie che ci avevano tanto colpito. Nella nostra memoria l'eco prodotta da



L'astronauta Neil Armstrong
tocca il suolo lunare
il 20 luglio 1969.

una grande scoperta e quella di una bufala mediatica si confondono. I confini tra vero e falso, successo ed errore si perdono in un'indistinta melassa di informazioni. Eppure la crescita straordinaria della nostra capacità di comunicare è uno degli effetti più importanti dello sviluppo tecnologico che ci ha assicurato la scienza moderna. E la comunicazione universale è uno dei capisaldi del metodo della ricerca: più ampia è la diffusione dei risultati scientifici, maggiore sarà lo sforzo collettivo per migliorarli e superarli.

Quando la scienza entra nel cono di luce dei mass media, la comunicazione globale mostra però un'altra faccia: il cortocircuito tra i passi dubbiosi della ricerca e la presa diretta dei media può diventare fatale. Laddove ci sono dati da verificare, ipotesi da interpretare e una comunità di ricercatori impegnata a discutere i risultati, ritroviamo scoperte sensazionali ed esperti - a seconda dei casi - infallibili o bugiardi.

La scienza che fa notizia

Anche gli scienziati, da parte loro, hanno imparato a muovere le leve della ribalta mediatica e qualche volta le usano - in mancanza di prove più sostanziose - per risalire la china del successo.

E così ci siamo abituati a credere alla scoperta di una fonte di energia pulita e illimitata o alla possibilità di prevedere i terremoti, ma solo per il breve tempo di vita delle notizie. Se invece restassimo in ascolto più a lungo e con più attenzione, il più delle volte dovremmo rassegnarci a un racconto dei fatti più controverso e sfumato, a scoperte più faticose ed errori meno clamorosi. La nostra esperienza del mondo, è a tal punto immersa nella realtà virtuale dei media, che questa - ogni tanto - rischia di prendere il sopravvento. Si ammantano così di un'aurea scientifica nuove leggende e miti contemporanei - l'avvistamento di ufo, le scie chimiche ecc. - che poco hanno a che vedere con la scienza e il suo metodo. Sono la nuova versione mediatica dell'antico atteggiamento irrazionale dell'uomo di fronte a ciò che non conosce. Sono errori, però poco utili.

Se vi siete fatti l'idea che, nel progredire della scienza, tutto si può mettere in discussione tranne il metodo su cui si basa, potreste restare delusi. Il metodo della scienza, oggi, non è più lo stesso di quattro secoli fa, quando Galileo per la prima volta ne chiari i capisaldi.

Nemmeno quello che aveva in mente l'astronomo e matematico francese Pierre Simon Laplace, quando all'inizio del '700 scriveva che «una volta conosciute tutte le forze che mettono in moto la Natura e le posizioni di tutti gli oggetti che la costituiscono in un preciso istante, potremmo ricostruire il passato e prevedere il futuro dell'intero Universo».

Non molto però impiegaronο gli scienziati - e i fisici in particolare - ad accorgersi che stabilire quel legame tra i "pezzetti" microscopici della materia e il funzionamento macroscopico dei fenomeni della Natura era tutt'altro che scontato. Finché all'inizio del secolo scorso la rivoluzione della meccanica quantistica aprì scenari completamente nuovi. Esplorando il mondo subatomico i fisici scoprirono che la presenza di un osservatore era determinante nell'esito degli esperimenti: idea "scandalosa" per il metodo galileiano. E scoprirono anche che la teoria consentiva certo di prevedere l'evoluzione dei fenomeni, ma solo a livello probabilistico. Cambiava così profondamente il senso e l'esito dei passi con cui gli scienziati esploravano la realtà. Ma l'idea riduzionistica, brillantemente espressa da Laplace, sarebbe stata criticata ancor più drasticamente in tempi a noi più vicini. Infatti abbiamo imparato che esistono sistemi, chiamati caotici, i cui elementi, partendo dalle stesse posizioni iniziali, possono muoversi in direzioni imprevedibili. E che le leggi universali, che regolano i sistemi macroscopici, non dipendono necessariamente dagli elementi microscopici di cui sono fatti. Di conseguenza è concettualmente sbagliato o, quantomeno, limitativo cercare la spiegazione della loro complessità solo nella miriade di dettagli infinitesimi che li compongono.

Riduzionismo e determinismo, che avevano caratterizzato per secoli il metodo della scienza, hanno trovato perciò nuove definizioni. **E la scienza, oltre che con l'errore, ha imparato a convivere con l'incertezza.** Ha imparato cioè ad applicare il suo metodo a quei fenomeni, di cui non abbiamo informazioni complete, che non possiamo isolare né controllare completamente, ma magari solo simulare al computer. E così ha potuto allargare il suo orizzonte sempre più lontano nello spazio e indietro nella storia dell'Universo, ma non solo. Ha puntato lo sguardo su nuovi e più indefiniti domini: la complessità della società, dell'uomo e della sua mente.

Collisione di ioni pesanti
nell'esperimento di ALICE
al CERN di Ginevra.

Il metodo si trasforma

« La scienza è fatta di errori che è utile fare, perché, a poco a poco, ci portano alla verità »

RICHARD FEYNMAN

Informazioni sulla mostra
e percorsi didattici
www.palazzoblu.it
www.infn.it/comunicazione

Promossa da
**Fondazione
Palazzo Blu**

A cura di
**Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
Università degli Studi di Pisa**

brochure a cura di
INFN Comunicazione

Testi: **Franco Cervelli, Vincenzo Napolano**
Progetto grafico: **Francesca Cuicchio**
Immagine di copertina: **Olimpia Zagnoli**



