



Michele Camerota

***ALCUNE OSSERVAZIONI STORICHE SULLA
NOZIONE DI “METODO SCIENTIFICO
GALILEIANO”***

La scienza come generalizzazione empirica

«La ricerca scientifica nelle sue varie branche non si limita a descrivere singoli fenomeni del mondo dell'esperienza, ma tenta di scoprire delle regolarità nel flusso degli eventi e mira, quindi, a enucleare leggi generali utilizzabili a scopo di previsione, di postvisione [*postdication*, cioè di determinazione di aspetti del passato alla luce di osservazioni attuali], e di spiegazione».

Carl G. HEMPEL, *Fundamentals of Concept Formation in Empirical Sciences*, Chicago, The University of Chicago Press, 1952 [tr. it. Feltrinelli, Milano, 1961 (1976/3)], p. 99.

Il metodo sperimentale - 1

«Il metodo sperimentale consiste in una analisi critica dei fenomeni. Naturalmente, perché le esperienze siano proficue, non devono essere fatte alla cieca. Conviene spesso farsi un'idea sul meccanismo del fenomeno sconosciuto (*ipotesi*); l'ipotesi potrà essere suggerita eventualmente da una analogia con altri fenomeni meglio noti. Si faranno quindi le esperienze sul fenomeno e, se i loro risultati sono conformi alle conseguenze della ipotesi, questa viene confermata; altrimenti deve essere abbandonata o modificata. Questo metodo, che *dalla osservazione del fenomeno risale alla sua legge* attraverso esperienze, analogie e ipotesi, ha il nome di **metodo induttivo**. Stabilite le leggi che regolano un certo gruppo di fenomeni, è possibile *prevedere lo svolgimento di altri fenomeni*, anche senza ricorrere a nuove esperienze, *con un'applicazione razionale delle leggi trovate in altre circostanze*; è questo il **metodo deduttivo**. Naturalmente, se le leggi su cui ci si basa sono esatte e applicate in modo corretto, le conseguenze del metodo deduttivo sono conformi all'esperienza».

Il metodo sperimentale - 2

1) partendo dall'esperienza osservativa e dalla misurazione, si giunge ad elaborare una ipotesi teorica, esplicativa dello specifico fenomeno indagato.

2) L'ipotesi è messa alla prova attraverso esperimenti escogitati *ad hoc*, col fine di stabilirne il grado di “tenuta” empirica, ossia di conformità al riscontro dell'esperienza.

3) Una volta confermata dall'esperienza, l'ipotesi viene, sulla base dell'applicazione di un modello analogico, generalizzata a “coprire” tutti i casi congeneri al fenomeno studiato, assumendo connotati nomotetici, cioè di legge scientifica.

4) Opportune deduzioni stabiliranno le implicazioni della legge per i singoli fenomeni sottostanti al dominio applicativo delle legge.

5) Tali conseguenze – che hanno un carattere empirico ed individuale – potranno essere nuovamente sottoposte al controllo dell'esperienza.

6) La corroborazione empirica conferma la validità della legge, che può essere così utilizzata in funzione esplicativa e predittiva per la classe di tutti i fenomeni che ricadono nell'ambito del dominio di realtà di competenza della legge.

Il “metodo sperimentale” non è un metodo di scoperta

Il “metodo sperimentale” non riveste alcun **connotato euristico**, non costituisce cioè una procedura di invenzione e di scoperta.

Come ha notato l’epistemologo Ernest Nagel: «Non esistono regole per la scoperta e l’invenzione scientifiche, così come non esistono regole simili per l’arte».

E. NAGEL, *The Structure of Science*, London, 1961 [tr. it. Milano, Feltrinelli, 1968], p. 19.

Il “metodo sperimentale” ha una funzione di controllo

La caratteristica peculiare riconosciuta al “metodo sperimentale” attiene, alla sua **funzione di controllo**.

Questo controllo rappresenta, di fatto, l’elemento discriminante tra le acquisizioni della scienza e le asserzioni del senso comune (costitutivamente prive di un indispensabile ed adeguato vaglio empirico – il che non implica, peraltro, che tali asserzioni siano necessariamente false) e sancisce, dunque, la **demarcazione** fra il sapere scientifico e le altre forme di conoscenza.

Il “metodo sperimentale” demarca la scienza dal senso comune

«La differenza tra le pretese conoscitive della scienza e quelle del senso comune, differenza proveniente dal fatto che le prime sono il prodotto del metodo scientifico, non implica che queste siano invariabilmente vere. Implica soltanto che, mentre le credenze del senso comune sono generalmente accettate senza una valutazione critica delle prove disponibili, per le conclusioni della scienza, la prova risponde a norme tali che una porzione notevole di conclusioni che poggiano su dimostrazioni strutturalmente simili rimane in sostanziale accordo con gli ulteriori dati di fatto, quando se ne aggiungano di nuovi».

E. NAGEL, *The Structure of Science*, London, 1961 [tr. it. Milano, Feltrinelli, 1968], pp. 19-20.

Contro il metodo - 1

«Non esiste alcun metodo speciale che garantisca il successo o lo renda probabile. Gli scienziati risolvono i problemi non perché posseggano una bacchetta magica – una metodologia o una teoria della razionalità – ma perché hanno studiato un problema per molto tempo, perché conoscono abbastanza bene la situazione, perché non sono troppo stupidi (anche se oggi c'è il sospetto che quasi tutti potrebbero diventare scienziati) e perché gli eccessi di una scuola scientifica sono bilanciati quasi sempre dagli eccessi di qualche altra scuola».

P. K. FEYERABEND, *Against Method. Outline of an Anarchist Theory of Knowledge*, London, 1975 [tr. it. Milano, Feltrinelli, 1979], p. 246.

Contro il metodo - 2

«Se desideriamo comprendere la natura, se vogliamo padroneggiare il nostro ambiente fisico, dobbiamo usare *tutte* le idee, *tutti* i metodi e non soltanto una piccola scelta di essi. L'affermazione che non c'è conoscenza fuori dalla scienza – *extra scientiam nulla salus* – non è altro che un'altra favola, molto conveniente. Talune tribù primitive hanno classificazioni di animali e piante più particolareggiate di quelle della zoologia e botanica scientifiche contemporanee e conoscono rimedi la cui efficacia meravaglia i medici [...] hanno, per influire sui loro simili, mezzi che la scienza ha considerato per molto tempo inesistenti (vodù), risolvono problemi difficili in modi che non sono ancora del tutto chiariti».

P. K. FEYERABEND, *Against Method. Outline of an Anarchist Theory of Knowledge*, London, 1975 [tr. it. Milano, Feltrinelli, 1979], p. 249.

La nozione di “Rivoluzione scientifica”

Con la locuzione “Rivoluzione scientifica” si è soliti designare il travagliato e multiforme processo storico che ha condotto alla elaborazione e alla diffusione del moderno approccio scientifico alla natura.

In genere, i termini cronologici di tale processo vengono – convenzionalmente e assai approssimativamente – fissati nelle date di pubblicazione di due opere capitali per la storia della scienza: i *De revolutionibus orbium caelestium libri VI* di Niccolò Copernico (1473-1543), editi nel 1543, e i *Philosophiae naturalis principia mathematica* di Isaac Newton (1642-1727), stampati nel 1687.

Nel corso di questo periodo, l’indagine naturalistica tese ad elaborare soluzioni inedite e fortemente innovative, avviando una radicale riformulazione delle teorie, dei quadri concettuali, dei metodi di ricerca, delle procedure euristiche e di validazione dei risultati, così da marcare una drastica presa di distanza rispetto ai contenuti e all’assetto epistemologico della scienza del passato.

Rivoluzione scientifica e metodo galileiano

Al configurarsi della fisionomia della moderna scienza matematico-sperimentale, così come prodottasi nell'ambito della "Rivoluzione scientifica", si suole annettere l'elaborazione di un criterio atto a perseguire in modo coerente e specifico il tipo di generalizzazione dall'esperienza peculiare dell'impresa scientifica. Tale procedura (o, meglio, insieme di procedure) è stata variamente denominata come "Metodo scientifico", "Metodo sperimentale" o, anche, "Metodo galileiano", poiché si è ravvisato il suo principale artefice nella figura di Galileo Galilei (1564-1642).

Galileo “fondatore” del metodo scientifico

«La scoperta e l’uso del ragionamento scientifico, ad opera di Galileo, fu uno dei più importanti avvenimenti nella storia del pensiero umano e segna il vero inizio della fisica. Questa scoperta insegnò che non sempre ci si può fidare delle conclusioni intuitive basate sull’osservazione immediata, poiché esse conducono talvolta fuori strada».

A. EINSTEIN – L. INFELD, *The Evolution of Physics. The Growth of Ideas from Early Concepts to Relativity and Quanta*, 1938 [tr. it. Torino, Boringhieri, 1965 (1976/6)], p. 19.

Il contributo di Galileo alla metodologia scientifica

Possiamo dunque porci il problema di stabilire se la ricostruzione delineata da Feyerabend sia storicamente fondata, chiedendoci se davvero Galileo non abbia offerto alcun contributo alla elaborazione di una metodologia della ricerca scientifica e se, anzi, i suoi successi furono determinati da un drastico e persistente rifiuto delle regole.

Per quanto Galileo non abbia mai scritto un trattato sul metodo (qualcosa di simile al *Discorso sul metodo* di Descartes) né abbia mai sviluppato un'articolata riflessione sulle procedure della ricerca empirica (come fece Francis Bacon nel *Novum Organum*), nondimeno appare inesatto dire che egli non abbia inciso sul modo successivo di fare scienza, indicando dei percorsi e delle strategie epistemologiche che avrebbero, di fatto, costituito il nerbo della moderna impresa scientifica (almeno nel campo della fisica).

Aspetti che Galileo ha contribuito ad affermare come parte del bagaglio di valori e di orientamenti epistemologici propri della scienza moderna

- 1) il rifiuto di ogni appello al principio di autorità;
- 2) la separazione netta tra ricerca naturalistica e fede religiosa (distinzione tra conclusioni scientifiche e dettato Scritturale);
- 3) Il ricorso sistematico a strumenti appositamente predisposti per l'osservazione e la misurazione;
- 4) la determinazione dell'importanza dell'osservazione e dell'esperienza diretta ai fini della costruzione delle teorie scientifiche;
- 5) la sottolineatura della necessità di escogitare e “costruire” sagacemente le esperienze, perché fungano da banco di prova delle ipotesi teoriche;
- 6) l'assunzione dell'imprescindibilità del ricorso alla matematica nello studio dei fenomeni fisici;
- 7) lo sceveramento tra le qualità “oggettive” dei fenomeni (cioè passibili di misurazione e, dunque, di trattamento quantitativo) e quelle “soggettive”, che nascono dall'interazione tra il soggetto senziente e la realtà;
- 8) l'idea che la natura, pur nella “inesauribilità” delle sue manifestazioni, è tuttavia conoscibile con certezza da parte dell'uomo (posizione anti-scettica).

Galileo: l'esperimento del piano inclinato

«In un regolo, o vogliàn dir corrente, di legno, lungo circa 12 braccia, e largo per un verso mezo braccio e per l'altro 3 dita, si era in questa minor larghezza incavato un canaletto, poco più largo d'un dito; tiratolo drittissimo, e, per averlo ben pulito e liscio, incollatovi dentro una carta pecora zannata e lustrata al possibile, si faceva in esso scendere una palla di bronzo durissimo, ben rotondata e pulita; costituito che si era il detto regolo pendente, elevando sopra il piano orizzontale una delle sue estremità un braccio o due ad arbitrio, si lasciava (come dico) scendere per il detto canale la palla, notando, nel modo che appresso dirò, il tempo che consumava nello scorrerlo tutto, replicando il medesimo atto molte volte per assicurarsi bene della quantità del tempo, nel quale non si trovava mai differenza né anco della decima parte d'una battuta di polso. Fatta e stabilita precisamente tale operazione, facemmo scender la medesima palla solamente per la quarta parte della lunghezza di esso canale; e misurato il tempo della sua scesa, si trovava sempre puntualissimamente esser la metà dell'altro: e facendo poi l'esperienze di altre parti, esaminando ora il tempo di tutta la lunghezza col tempo della metà, o con quello delli duo terzi o de i $\frac{3}{4}$, o in conclusione con qualunque altra divisione, per esperienze ben cento volte replicate sempre s'incontrava, gli spazii passati esser tra di loro come i quadrati e i tempi, e questo in tutte le inclinazioni del piano, cioè del canale nel quale si faceva scender la palla».

Opere di GALILEO GALILEI, Edizione Nazionale a cura di A. Favaro, Firenze, Giunti Barbera, 1890-1909 (rist. 1968), VIII, pp. 212-13.

Galileo: perché fare esperimenti

«così si costuma e conviene nelle scienze le quali alle conclusioni naturali applicano le dimostrazioni matematiche, come si vede ne i prospettivi, negli astronomi, ne i meccanici, ne i musici ed altri, li quali con sensate esperienze confermano i principii loro, che sono i fondamenti di tutta la seguente struttura [...] Circa dunque all'esperienze, non ha tralasciato l' Autor di farne; e per assicurarsi che l'accelerazione de i gravi naturalmente descendentis segua nella proporzione sopradetta, molte volte mi son ritrovato io a farne la prova nel seguente modo, in sua compagnia».

Opere di GALILEO GALILEI, Edizione Nazionale a cura di A. Favaro, Firenze, Giunti Barbera, 1890-1909 (rist. 1968), VIII, p. 212 (corsivo mio).

Aristotele: le “scienze miste”

«Rispetto ad una medesima scienza, e sulla base dell'assunzione dei medi, tali sono dunque le differenze tra il sillogismo da cui viene provato **che** qualcosa è, e il sillogismo dal quale è mostrato il **perché** qualcosa sia. Tuttavia, il sapere perché una proposizione sussiste differisce dal sapere che essa sussiste in un altro senso, in quanto ciascuna delle due cose può venir raggiunta mediante una scienza differente. Ciò avviene, d'altra parte, quando una proposizione di una certa scienza sta rispetto ad un'altra scienza in un rapporto di subordinazione, quale intercorre, ad esempio, tra le proposizioni di ottica e la geometria, tra le proposizioni di meccanica e la stereometria, tra le proposizioni di teoria della musica e l'aritmetica, tra le proposizioni che esprimono dati dell'osservazione e l'astronomia matematica».

ARISTOTELE, *Secondi Analitici*, 78b 32-40, ma ved. anche *ibidem*, 75b 14-17, 76a 22-25, 87a 31-37; ARISTOTELE, *Metafisica*, 997b 20-998a 6, 1073b 5-8, 1077a 1-6, 1078a 14-17; ARISTOTELE, *Fisica*, 193b 25-30, 194a 7-12.

Aristotele: fisica e matematica

«le linee sensibili non sono per nulla tali quali le pretende il geometra (giacché non c'è alcuna cosa sensibile che sia retta o curva nel senso da loro indicato; e il cerchio non tocca la tangente in un solo punto, bensì nel modo indicato da Protagora nelle sue confutazioni contro i geometri), né i moti e le orbite del cielo sono quali li enunciano i calcoli astronomici, né i punti simbolici degli astronomi hanno la stessa natura degli astri».

ARISTOTELE, *Metafisica*, 997b 34-998a 6.

«gli enti matematici «si hanno per via d'astrazione [...], gli enti fisici invece per via d'addizione. E vi sono molte proprietà che non possono aver luogo negli enti indivisibili, mentre nelle sostanze fisiche sono necessariamente presenti».

ARISTOTELE, *De caelo*, 199a 15-18.

«Né, d'altra parte, si deve pretendere l'uso di un esatto linguaggio matematico indistintamente in ogni settore di ricerca, ma soltanto nel caso che si studino enti immateriali. Perciò un tale modo di esprimersi non si addice all'indagine sulla natura, giacché ogni ente naturale non è certamente privo di materia.»

ARISTOTELE, *Metafisica*, 995a 14-17.

Galileo: applicazione della matematica alla scienza della natura - 1

«quello che accade in concreto, accade nell'istesso modo in astratto: e sarebbe ben nuova cosa che i computi e le ragioni fatte in numeri astratti, non rispondessero poi alle monete d'oro e d'argento e alle mercanzie in concreto. Ma sapete, signor Simplicio, quel che accade? Sí come a voler che i calcoli tornino sopra i zuccheri, le sete e le lane, bisogna che il computista faccia le sue tare di casse, invoglie ed altre bagaglie, cosí, quando il filosofo geometra vuol riconoscere in concreto gli effetti dimostrati in astratto, bisogna che difalchi gli impedimenti della materia; che se ciò saprà fare, io vi assicuro che le cose si risconteranno non meno aggiustatamente che i computi aritmetici. Gli errori dunque non consistono né nell'astratto né nel concreto, né nella geometria o nella fisica, ma nel calcolatore, che non sa fare i conti giusti».

OG, VII, pp. 233-34.

Galileo: applicazione della matematica alla scienza della natura - 2

«De i quali accidenti di gravità, di velocità, ed anco di figura, come variabili in modi infiniti, non si può dar ferma scienza: e però, per poter scientificamente trattar cotal materia, bisogna astrar da essi, e ritrovate e dimostrate le conclusioni astratte da gl'impedimenti, servircene, nel praticarle, con quelle limitazioni che l'esperienza ci verrà insegnando. E non però piccolo sarà l'utile, perché le materie e lor figure saranno elette le men soggette a gl'impedimenti del mezo, quali sono le gravissime e le rotonde, e gli spazii e le velocità per lo più non saranno sì grandi, che le loro esorbitanze non possano con facil tara esser ridotte a segno; anzi pure ne i proietti praticabili da noi, che siano di materie gravi e di figura rotonda, ed anco di materie men gravi e di figura cilindrica, come frecce, lanciati con frombe o archi, insensibile sarà del tutto lo svario del lor moto dall'esatta figura parabolica».

OG, VIII, p. 276.

Galileo: astrarre dagli “impedimenti esterni ed avventizii”

«Ma più, io domando quest'autore [Scipione Chiaramonti] s'ei crede che quelli astronomi, delle osservazioni nei quali egli si serve, avessero cognizione di questi effetti delle refrazioni e vi facessero sopra considerazione o no: se gli conobbero e considerarono, è ragionevol credere che di essi tenesser conto nell'assegnare le vee elevazioni della stella, facendo a quei gradi di altezze, che sopra gli strumenti si scorgevano, quelle tare che erano convenienti mercè dell'alterazioni delle refrazioni, immodo che le distanze pronunziate da loro fussero poi le corrette e giuste, e non le apparenti e false». [OG, VII, 343.](#)

«finalmente, ad alcuni movimenti [i corpi naturali] si trovano indifferenti, come pur gl'istessi gravi al movimento orizzontale, al quale non hanno inclinazione, poi che ei non è verso il centro della Terra, né repugnanza, non si allontanando dal medesimo centro: e però, rimossi tutti gl'impedimenti esterni, un grave nella superficie sferica e concentrica alla Terra sarà indifferente alla quiete ed a i movimenti verso qualunque parte dell'orizzonte, ed in quello stato si conserverà nel qual una volta sarà stato posto; cioè se sarà messo in stato di quiete, quello conserverà, e se sarà posto in movimento, verbigrazia verso occidente, nell'istesso si manterrà: e così una nave, per essemplio, avendo una sol volta ricevuto qualche impeto per il mar tranquillo, si moverebbe continuamente intorno al nostro globo senza cessar mai, e postavi con quiete, perpetuamente quieterebbe, se nel primo caso si potessero rimuovere tutti gl'impedimenti estrinseci, e nel secondo qualche causa motrice esterna non gli sopraggiugnesse». [OG, V, 134 \(sottolineatura mia\).](#)

«prendere, come per assioma indubitato, questa conclusione: che i corpi gravi, rimossi tutti l'impedimenti esterni ed adventizii, possono esser mossi nel piano dell'orizzonte da qualunque minima forza». [OG, II, 180 \(sottolineatura mia\).](#)

Galileo: il metodo dei matematici

«Methodus quam in hoc tractatu servabimus -spiega il nostro autore-ea erit, ut semper dicenda ex dictis pendeant; nec unquam (si licebit) declaranda supponam tanquam vera. Quam quidem methodum mathematici mei me docuere: nec satis quidem a philosophis quibusdam servatur, qui saepius, physica elementa docentes, ea quae seu in libris De anima, seu in libris De caelo, quin et in Methaphysicis, tradita, supponunt; nec etiam hoc sufficit, sed etiam, docentes logicam ipsam, continue ea in ore habent quae in ultimis Aristotelis libris tradita sunt; ita ut, dum discipulos prima docent, supponunt eos omnia scire, doctrinamque tradunt non ex notioribus, verum ex ignotis et inauditis. Accidit autem ita addiscentibus, ut nunquam quicquam per causas sciant, sed tantum ut fide credant, quia, nempe, hoc dixerit Aristoteles.».

[«Il metodo che osserveremo in questo trattato sarà quello di far dipendere sempre le cose da dire da quelle già dette, e (se possibile) di non porre mai come vero ciò che deve ancora essere dimostrato. Tale metodo mi è stato insegnato dai miei matematici, ma esso non è abbastanza rispettato da certi filosofi, che, spesso, insegnando i rudimenti della fisica, presuppongono quei principi che sono trattati nel *De anima*, o nel *De caelo*, o persino nella *Metafisica*. Non solo, ma anche quando espongono la logica, continuamente si riempiono la bocca con quelle teorie che si leggono negli ultimi libri di Aristotele, così che, mentre impartiscono agli allievi le prime nozioni, suppongono che essi sappiano già tutto, e tramandano il sapere non partendo dalle cose più note, ma da quelle assolutamente sconosciute e mai prima ascoltate. Accade, d'altra parte, che coloro che vengono istruiti in questa maniera non sappiano mai niente a partire dalle cause, ma solamente credono per fede, perchè, appunto, Aristotele disse proprio questo.»]

Galileo: matematica e controllo del discorso

«quel ridursi alla severità di geometriche dimostrazioni è troppo pericoloso cimento per chi non le sa ben maneggiare; imperocchè, si come *ex parte rei* non si dà mezo tra il vero e 'l falso, così nelle dimostrazioni necessarie o indubitabilmente si conclude o inescusabilmente si paralogizza, senza lasciarsi campo di poter con limitazioni, con distinzioni, con istorcimenti di parole o con altre girandole sostenersi più in piede, ma è forza in brevi parole ed al primo assalto restare o Cesare o niente.»

OG, VI, p. 296