Mètode experimental o mètode científic

Autor:
Data de publicació: 29-09-2011

El mètode hipotètic-deductiu és el fonament del mètode científic. A partir de les idees de Francis Bacon es va considerar que la ciència partia de l'observació de fets i que d'aquesta observació repetida de fenòmens comparables, s'extreien per inducció les lleis generals que governen aquests fenòmens. Posteriorment Karl Popper (1902 - 1994) rebutjà la possibilitat d'elaborar lleis generals a partir de la inducció i va sostenir que en realitat aquestes lleis generals són hipòtesis que formula el científic, i que s'utilitza el mètode inductiu d'interpolació per, a partir d'aquestes hipòtesi de caràcter general, elaborar prediccions de fenòmens individuals. En aquesta concepció del mètode científic és central la falsabilitat de les teories científiques (és a dir, la possibilitat de ser refutades per l'experimentació). En el mètode hipotètic deductiu, les teories científiques mai no es poden considerar veritables, sinó a tot estirar «no refutades».

"Cap quantitat d'experiments pot demostrar "completament" que tinc raó; un sol experiment pot demostrar que no la tinc."

(Albert Einstein,carta a Max Born del 5 de desembre de 1926)

Galileo Galilei,l'iniciador del mètode científic[1] (estàtua a l'avantsala dels Uffizi, Florència)

El mètode científic (o mètode experimental) és la manera típica en què la ciència procedeix a aconseguir un coneixement objectiu, fiable, verificable i compartible de la realitat: consisteix, d'una banda, en la recopilació de dades empíriques sota la direcció d'hipòtesis i teories a examinar; d'altra banda, en l'anàlisi rigorosa i lògica-racional i, si és possible, les matemàtiques d'aquestes dades, és a dir, associant, com va afirmar per primera vegada Galilei,les "experiències assenyades" ambles "demostracions necessàries",és a dir, l'experimentació amb les matemàtiques. [3] [3]

En el debat epistemològic hi ha un contrast entre els partidaris del mètode inductiu i els del mètode deductiu,amb l'enfocament científic que s'avalua de manera diferent també sobre la base del seu abast, és a dir, si es refereix a les ciències naturals, o viceversa a les humanitats[4] (en el primer cas parlem de"ciències dures",en el segonde "ciències toves").

Encara que l'autoria oficial del mètode científic, en la forma estricta definida anteriorment, s'atribueix històricament a Galileo Galilei,per tant també el nom del mètode galilean[3], estudis experimentals i reflexions filosòfiques sobre aquest tema també tenen arrels enl'antiguitat, l'Edat Mitjana i el Renaixement.

Índex

Descripció

Mètode de Galileu

La recerca del mètode pel qual es va desenvolupar el mètode científic va néixer com a conseqüència de l'èxit evident, pràctic i teòric, aconseguit al llarg dels segles per la ciència, amb la convicció (o esperança) que aquest èxit es remunta a l'aplicació, precisament, d'un mètode senzill fàcilment exportable a moltes altres disciplines, si no totes. De Galileu a l'actualitat, però, la ciència ha evolucionat i s'ha articulat en noves disciplines, el que fa difícil definir una metodologia precisa aplicada universalment i aplicable al llarg de diversos segles i disciplines.

El terme "mètode científic" també es pot utilitzar per referir-se a conceptes significativament diferents. En particular, és possible distingir dos significats principals, encara que hi ha molts matisos i no és possible trobar una solució real de continuïtat entre els dos conceptes.

D'una banda, es pot entendre el mètode científic en un sentit abstracte, com el conjunt de criteris (teòrics però també operatius) sobre la base dels quals un resultat, teòric o experimental, pot ser considerat eficaçment científic i ha de ser acceptat com a tal per altres científics i en general per l'Estat (penseu, per exemple, l'ús de "evidència científica" en els tribunals). En particular, serien aquells criteris que distingirien un discurs científic d'un discurs metafísic, religiós o pseudocientífic. El problema es coneix d'una altra manera com el problema de la demarcació. [5] [5]

D'altra banda, el mètode científic pot referir-se no a les característiques per les quals es considera un determinat resultat científic, sinó al camí concret seguit per aconseguir el resultat en si i, per tant, referir-se més exquisidament a la pràctica diària i concreta del científic, o almenys a la pràctica adoptada pel conjunt de la comunitat científica, en la seva activitat investigadora. Nombrosos filòsofs o historiadors de la ciència, des de Whewell (1794-1866)[6] fins a Feyerabend (1924-1994)[7], han declarat que els científics sovint semblen arribar a la formulació d'una nova teoria a través de processos intuïtius que tenen poc o res en comú amb el que idealment es descriu com un mètode científic. Charles Sanders Peirce (1839-1914) va observar que la formulació d'hipòtesis científiques sovint té lloc a través d'un procés lògic, anomenat segrest,que accelera la recerca de la veritat, encara que sovint resulta fal·laç.

Com es va dir, els dos significats no estan completament separats l'un de l'altre. Es podria argumentar, per exemple, que si hi ha criteris de mètode que caracteritzen el discurs científic (primer significat) haurien de ser necessàriament els mateixos adoptats pels científics en la seva activitat diària (segons el significat). D'altra banda, també és cert que la manera de procedir del científic individual també pot estar més o menys fora de qualsevol esquema (penseu en les múltiples figures d'alguna manera brillants que han caracteritzat la història de la ciència i la seva manera de procedir per intuïció i aparentment sense cap mètode sistemàtic), i que per caracteritzar com a científics els seus resultats són, per tant, criteris una mica independents de la seva activitat de descobriment i recerca (per exemple, la reproductibilitat de les seves dades experimentals).

Una altra dificultat sorgeix de la diversitat essencial entre les moltes disciplines que aspiren a considerar-se científiques. Cada disciplina té les seves pròpies característiques peculiars i la seva declinació específica del mètode científic. En primer lloc, cal distingir entre les anomenades ciències dures, pera les quals és clarament aplicable el principi de reproductibilitat dels experiments, i les ciències toves,per exemple les humanitats. L'estudi galilean, per exemple, de la caiguda del seriós podria aprofitar la repetició de cada experiment i el tractament estadístic de dades mesurades, procediments que no són aplicables si no són impossibles en disciplines que analitzen esdeveniments irrepetibles com la cosmologia, la sismologia, la teoria de l'evolució de les espècies,etc. i encara menys en les ciències socials. Pel que fa a les ciències humanes en el sentit estricte, els mètodes quantitatius i estadístics s'apliquen en psicologia experimental,mentre que, per exemple, en psicoanàlisi utilitzem esquemes essencialment interpretatius, que, segons Popper i molts altres, estan fora del mètode científic. Els estudis històrics o literaris també solen utilitzar dades obtingudes per mètodes científics (per exemple, fins ara, troballes), però en el moment crucial de la síntesi de totes les dades no poden confiar en experiments ni en models matemàtics i recórrer a esquemes interpretatius fortament influenciats pel consens cultural. Per exemple, en la història és fàcil reconèixer trets comuns a la historiografia resurgent, mentreque en l'exgesi bíblica la hipòtesidocumental ha estat considerada durant dos segles una veritat adquirida, però avui només la segueix una part minoritària de la bíblica.

Els diferents problemes que debaten científics, filòsofs i sociòlegs

Aquests i altres matisos de significat relacionats amb el concepte de mètode científic són la raó per la qual, sobre aquest concepte, s'ha discutit molt i hi ha (encara) un acord generalment compartit sobre una possible definició del mètode aplicable a totes les disciplines "científiques". El debat és extremadament complex i implica no només la pràctica científica, sinó també l'especulació filosòfica i sociològica.

Simplificar es podria dir que els científics de cada disciplina estan interessats a definir les metodologies aplicables al seu propi abast, indispensables perquè una contribució sigui dita "científica" i, per tant, sigui utilitzada per la comunitat entre iguals (per exemple, en medicina l'aplicació d'assajos clínicsa doble cec).

Els filòsofs, d'altra banda, estan interessats principalment a entendre el "contingut de la veritat" de les reivindicacions científiques. En desacord, per exemple, amb la idea que podem extreure amb seguretat el coneixement de la realitat externa, d'una manera inductiva, protegida de les deformacions del nostre pensament, ens oposem popper,el filòsof principal de la ciència del segle XX, segons el qual només podem veure el que la nostra ment produeix: una teoria pot ser sotmesa a controls efectius i dir científic només si es formula de forma priori. La peculiaritat del mètode científic és la possibilitat de falsificar-lo, no la presumpció de "verificar-lo". [8] [8]

Sociòlegs i historiadors de la ciència estudien la ciència com un procés cultural. A continuació, es fa preeminent per entendre com evoluciona el coneixement científic (per graus d'una manera lineal o a través de revolucions científiques reals, com diu Kuhn) i quins són els mecanismes socials pels quals s'estén i s'imposa una nova concepció. Segons Charles Sanders Peirce, per exemple, hi ha diferències peculiars entre el mètode científic i altres mètodes pels quals s'afirma una creença. [9] Enumera quatre mètodes utilitzats per adquirir i difondre coneixements:[10]

Mètode de tenacitat: sabem que alguna cosa és certa perquè les nostres vides es basen en ella i perquè seguim dient que és veritat.
Mètode d'autoritat: una cosa és certa perquè establert tal per una autoritat reconeguda (la Bíblia, elsmitjans de comunicació, un gran profeta, un gran científic, una organització fiable)
Mètode a priori (o mètode d'intuïció): una cosa és certa si és d'acord amb la raó, que per inclinació natural tendeix a la veritat.
Mètode de ciència: pel qual la nostra seguretat del coneixement està determinada no per algun factor humà sinó per una realitat externa, permanent i no influenciada pel nostre pensament. En aquest sentit, el mètode científic és l'estudi sistemàtic, controlat, empíric i crític d'hipòtesis sobre les relacions entre diversos fenòmens.

L'anàlisi del procés científic a través de les ciències socials prescindeix del contingut de la veritat o no de la ciència i, per tant, implica metodològicament i de vegades afirma explícitament una concepció relatiològica del coneixement.

El progrés científic com a construcció social
El progrés científic assumeix l'existència d'una comunitat que estimula culturalment la recerca, valida el seu mètode i pren els seus resultats. La interacció de l'investigador amb la comunitat es divideix en tres maneres principals:

Amb la participació en congressos especialitzats, on, per exemple, es poden comparar o proposar diferents enfocaments per resoldre un problema o proposar projectes de recerca o resultats parcials de la recerca en curs. Per exemple, els Congressos Solvay van ser d'extraordinària importància per al desenvolupament de la física teòrica del segle XX.
tramite la revisione paritaria degli articoli scientifici proposti per pubblicazione. Un risultato scientifico che aspiri ad ottenere un rapido e vasto riconoscimento necessita di ricevere un'adeguata pubblicazione su apposite riviste accademiche riconosciute, di settore e non, così da divenire pubblico e legittimamente discutibile dalla comunità scientifica. A tal fine, deve essere prima sottoposto alla cosiddetta revisione paritaria, deve cioè superare un vaglio critico da parte di altri specialisti del settore (di solito da uno a tre recensori anonimi), che possono rifiutare o raccomandare la pubblicazione del lavoro o richiedere che esso subisca correzioni o ampliamenti. Ciò costituisce un ulteriore filtro a possibili errori di metodo e ad altri difetti volontari o involontari (ad esempio i bias).
tramite una metrica dell'impatto scientifico di ogni lavoro. In pratica il numero di volte che un articolo scientifico viene citato da successivi studi, tenendo in conto anche l'importanza delle riviste in cui tali studi sono pubblicati, misura l'influenza che la pubblicazione del risultato scientifico sta esercitando sul progresso di tutto il settore scientifico in questione.

Secondo Lee Smolin il progresso scientifico non è legato all'applicazione meccanica di un metodo ma all'esistenza di una comunità di specialisti guidati da principi etici comuni:

dire la verità e argomentare razionalmente sulla base di dati di pubblico dominio;
quando i dati disponibili non sono sufficienti per una argomentazione cogente, incoraggiare il dissenso e la competizione fra diverse ipotesi senza pretendere di stabilire prematuramente nuovi paradigmi.

Secondo Smolin questi principi sono gli stessi che hanno determinato il successo delle società democratiche.[11]

Le modalità con cui la comunità scientifica organizza la collaborazione fra gli specialisti sono state e sono tuttora oggetto di discussione a diversi livelli in relazione agli interessi e alle preoccupazioni dei diversi attori:

L'azione di filtro sulle nuove proposte esercitato dai comitati di redazione delle riviste e dai comitati scientifici dei congressi potrebbe tendere a consolidare un "paradigma" concettuale (nel senso studiato da Kuhn) e così ostacolare la diffusione di eventuali progressi scientifici talmente innovativi da richiedere un cambiamento di paradigma;
Questa azione filtrante viene talvolta demonizzata e ritenuta portatrice di interessi non scientifici. Questo argomento viene solitamente utilizzato dai proponenti di medicine alternative o comunque di teorie considerate pseudoscientifiche;[senza fonte]
I costi di selezione e pubblicazione degli articoli vengono ricuperati tramite limiti alla consultazione (da superare tramite il pagamento di un abbonamento o di una tariffa una tantum per lettura in internet). Ciò rallenta la diffusione delle idee e avvantaggia i ricercatori appartenenti alle istituzioni più dotate economicamente.
La nascita di internet ha facilitato enormemente l'autopubblicazione degli elaborati scientifici, anche se ciò non è sufficiente ad assicurare che gli esperti interessati riescano effettivamente a individuare i contributi di loro possibile interesse. I meccanismi di valutazione a-priori (selezione redazionale) e a-posteriori (recensione) non hanno perso la loro utilità per segnalare i contributi importanti nella massa di rilievo minore.

Dagli ultimi anni del secolo XX molti settori disciplinari hanno avviato meccanismi per facilitare la consultazione in internet degli articoli scientifici, mantenendo strumenti di revisione paritaria. Nel XXI secolo, la percezione di un bisogno di maggiore riproducibilità e trasparenza ha portato allo sviluppo di criteri e strumenti per una scienza aperta.[12]

Cenni storici
Il metodo scientifico si sviluppa storicamente, ma il suo nucleo risiede, come detto, nell'uso combinato di matematica ed esperimento. La soluzione di continuità rappresentata da Galileo Galilei a cavallo tra il XVI e il XVII secolo è tale, tuttavia, da rendere improprio l'uso dei termini scienza e scienziato in riferimento ad epoche precedenti, soprattutto per quanto riguarda il problema del metodo scientifico. Prima di Galileo le figure che più si avvicinavano a quella moderna di scienziato erano rappresentate essenzialmente, da una parte, da logici e matematici (e — fino ad allora con poca differenza sostanziale — astronomi), e dall'altra dagli studiosi di filosofia naturale, se si occupavano dell'universo sensibile. Più in generale possiamo dire che con Galileo assistiamo alla nascita della scienza proprio come "distaccamento" dalla filosofia.

Egizi
Negli antichi papiri egizi, si possono individuare le forme di un primitivo "metodo scientifico". In particolare, nelle descrizioni di interventi di chirurgia, che indicano anamnesi, diagnosi e terapia chirurgica dedicata, dalla preparazione del paziente, alla strumentazione, alla tecnica operatoria, fino alla prognosi e al decorso post-operatorio. Inoltre, già in tempi antichissimi, gli Egizi conducevano metodiche previsioni sui raccolti di grano in relazione al livello di piena delle acque del Nilo.

En l'antiga civilització egípcia, però, la medicina general es va entendre de manera diferent: els papirs de teràpia mèdica il·lustren pràctiques relacionades amb supersticions i creences religioses, en lloc del vincle directe entre la causa de la malaltia i l'efecte del tractament.

Per tant, tot i que els antics egipcis van aplicar criteris científics dins de certes disciplines, es pot excloure que havien codificat el mètode.

Babilonis
Els Babylonian Astronomical Diaries són una col·lecció de tauletes cuneïformes, avui al Museu Britànic, queporten els principals esdeveniments astronòmics i polítics de Mesopotàmia un al costat de l'altre per a cada semestre. Tot i que la tauleta més antiga es remunta al segle VII aC, se suposa que la seva redacció va començar al segle abans de l'època del rei Nabonassar. La tauleta més recent, d'altra banda, es remunta al segle I: els diaris, per tant, van ser recopilats durant 6 o 7 segles. L'objectiu de l'equip editorial sembla ser verificar la correspondència entre esdeveniments celestials i terrestres, que constituïen una concepció fonamental dels pobles mesopotàmics fins a l'època dels sumerians i que es troba en l'origende l'astrologia. En aquest cas, aquest seria l'exemple més antic del programa de recerca científica de la

humanitat.

Grecs

Amb els primers pensadors grecs estem assistint a la sortida d'una cultura marcada pel mite i l'aparença, per primera vegada, d'un mètode de pensament marcat per l'ús de la raó, de l'argumentació, en contraposició al dogmatisme religiós. És el naixement de la filosofia, el progenitor de la ciència. Buscaven un coneixement innegable, un coneixement immutable en el temps, absolut, definitiu, incontrovertible, necessari i indubtable. Es coneixia com a "saber"(sophia),"raó"(logotips),"veritat"(alétheia)i "ciència"(epistéme).

Conte de Mileto, (624-548 aC) va ser el primer - al nostre coneixement - que va néixer animista i va morir un filòsof. En els escrits pervenutics s'afirma que Talete, observant la natura, va preveure amb molta antelació una gran collita d'olives i va monopolitzar al seu favor els molins, fent-se ric. Això introdueix un dels aspectes discriminatoris entre la ciència i aquelles disciplines que volen plantejar-se com a científiques(vegeu l'astrologia, perexemple): la capacitat de fer prediccions verificables és considerada un dels aspectes distintius de les disciplines autènticament científiques. Malgrat la seva capacitat per fer prediccions, Talete va morir d'insolció, després d'haver-se vist obligat a romandre sense barret al sol durant els Jocs Olímpics.

Retrat d'Aristòtil,adaptat d'un original grec de Lysippo

Aristòtil (384-322 aC) va fer una gran contribució a la sistematització dels coneixements adquirits fins aleshores i va establir els fonaments de la lògica formal,que es va mantenir essencialment intacta fins a finals del segle XIX, identificant en el syllogism la forma típica del procés deductiu,amb el qual treure conclusions coherents amb les premisses. Aristòtil va dir:

"Bé, l'eslògan és un discurs en el qual, quan es pregunten algunes coses, alguna cosa que no sigui el que s'estableix segueix de necessitat en virtut del que s'estableix. Per tant, hi ha una demostració quan el syllogism procedeix de veritables i primeres afirmacions, o d'aquestes afirmacions que han assumit el principi de coneixement relatiu a ells en virtut de certes afirmacions veritables i primeres; dialèctica és, en canvi, l'esylogisme que argumenta des d'opinions notables."

(Aristòtil, Topici, a M. Zanatta, Organon di Aristotle, Torí, 1996, vol. II, pàg.)

És important destacar que per aRistòtil el coneixement comença primer de tot des del tema: no és simple recepció de dades, però és obra del'intel·lecte actiu, que va més enllà dels aspectes contingents i transitoris de la realitat sensible,aconsegueix formes "abstractes" eternes i intel·ligibles.

Aristòtil també es distingeix entre els "propietaris de la ciència", és a dir, els que coneixen les causes (el "per què") i els que només coneixen els fets sense tenir coneixement de les seves causes (el "que"). La ciència, per aristòtil, sempre és coneixement de les causes. El syllogism és una construcció lògica formada per una o més proposicions prèvies (si...) de les quals sorgeix una conseqüent proposta (llavors...). L'eslògan en si mateix no garanteix la veritat, sinó que només serveix per treure conclusions coherents amb les veritats "veritables i primeres".

Indubtable precursor del mètode científic modern va ser Arquimedes (287-212 aC). L'estudi de les seves obres (recordeu en els cossos flotants, enel qual va emetre el famós principi que porta el seu nom) estudiosos compromesos durant molt de temps de principis de l'edat moderna, incloent el mateix Galileu, i va constituir un estímul important per al renaixement científic modern.

L'escola medieval

Tomàs d'Aquino

En el context de l'escola medieval, Thomas Aquino (1225-1274),referint-se als ensenyaments d'Aristòtil, va fer una contribució més al mètode científic mitjançant la formulació d'una concepció de la veritat com una correspondència entre l'intel·lecte i l'objecte:

(La)
«Veritas est adaequatio intellectus ad rem; adaequatio rei ad intel·lectum; adaequatio rei et intellectus.»

(El seu)
"La veritat és un ajust de l'intel·lecte a la cosa; adaptació de la cosa a l'intel·lecte; adaptació de l'intel·lecte i la cosa."

La veritat,segons Thomas, té les característiques de la universalitat i la independència. Els nostres coneixements, per ser vàlids, no han de ser determinats per factors subjectius i contingents; la veritat és certa en si mateixa, en l'època d'Aristòtil com en totes les edats, per tant és absoluta i no depèn de res més.

Aquestes característiques de la veritat són reconegudes com a tals per la nostra raó,que no les aprèn del món circumdant, sotmeses a canvis en la temporalitat, sinó que les troba ja dins d'ella mateixa: d'una altra manera no podria reconèixer-les com immutables.

(La)
«Sed haec adaequatio no va poder provar nisi en intel·lectu. Ergo nec veritas est nisi en intel·lectu.»

(El seu)
"Però aquesta correspondència no pot existir excepte en l'intel·lecte. Per tant, la veritat no pot existir excepte en l'intel·lecte".

(De veritate, q. 1 a. 2 s. c. 2)

Igual que amb Aristòtil, els nostres coneixements neixen, per tant, del nostre intel·lecte:no els rebem inductivament del'experiència. Aquesta distinció entre una experiència coneguda i sensible serà fonamental per als desenvolupaments posteriors de la ciència, donant lloc al corrent filosòfic anomenat realisme. En el camp de la filosofia de la ciència, es va inspirar en l'Escola Alfred Tarski [13] i conseqüentment Popper.

A l'escola, entre d'altres, Ruggero Bacone (1214-1274)pertany a l'escola, que en els seus estudis va tractar d'aplicar fidelment el mètode hipotètic-deductiu de la filosofia aristotèlia, reavaluant la importància de l'experimentació i reproduint els arguments basats en la tradició.

Leonardo da Vinci

Estudi de proporcionalitat d'un cos humà, Venècia, Acadèmia

Fins i tot Leonardo (1452–1519),en el Renaixement, esva apropiar de l'hipotètic pensament aristotètic, mentre rebutjava el principi d'autoritat. La seva contribució a establir els fonaments del mètode científic va ser notable, encara que al final la majoria dels seus escrits es van perdre. [14] El 2007, el govern va començar a

Va anticipar alguns aspectes de la metodologia que més tard va ser concebuda el 1600 per Galileo Galilei:[15] com a exemple hi ha els seus projectes d'enginyeria, les màquines de Leonardo,els seus dibuixos del cos humà, estudis sobre perspectiva.

En particular, Leonardo va declarar la importància de dos factors:

experimentació empírica, perquè no n'hi ha prou amb raonar i fer ús de conceptes si no els proveu;
matemàtica,com a garantia de rigor lògic:

"La investigació humana pot ser cridada a la ciència real, no passa a través de demostracions matemàtiques."

(Leonardo, Tractat de Pintura,Newton Compton, 1996, p. 3)

Segons Leonardo, de fet, tots els fenòmens de la natura tenen lloc d'acord amb les lleis racionals que viuen per sota de les seves manifestacions externes.

Galilei e la sperimentazione

Il piano inclinato, uno dei primi esempi di esperimento scientifico costruito da Galileo per lo studio del moto gravitazionale.[16]

Con Galileo Galilei, il primo a introdurre formalmente il metodo scientifico,[1] furono introdotti una serie di criteri ancora oggi validi: fu abbandonata la ricerca delle essenze primarie o delle qualità, che era il proposito della filosofia aristotelica, con la riduzione della realtà a puro fatto quantitativo e matematico.[17] Al metodo calcolativo, che pure derivava dalla tradizione sillogistica classica, fu inoltre affiancata l'importanza dell'osservazione empirica, che portò a considerare "scienza" solo quel complesso di conoscenze ottenute dall'esperienza e a questa funzionali: secondo una celebre formula dello scienziato pisano, cioè, il libro della natura è scritto in leggi matematiche e, per poterle capire, è necessario eseguire esperimenti con gli oggetti che essa ci mette a disposizione.[18]

Ancora oggi, la scienza moderna fa distinzione tra l'aspetto sperimentale e quello teorico: né uno né l'altro sono preponderanti, poiché fa parte del metodo scientifico che un modello teorico spieghi un'osservazione sperimentale ed anticipi future osservazioni. Uno dei punti basilari è la riproducibilità degli esperimenti, ovvero la possibilità che un dato fenomeno possa essere riproposto e studiato in tutti i laboratori del mondo.

Non sempre è possibile riprodurre sperimentalmente delle osservazioni naturali: ad esempio, in alcune scienze come l'astronomia o la meteorologia non è possibile riprodurre molti dei fenomeni osservati, e allora si ricorre ad osservazioni e simulazioni digitali. Un altro esempio è l'evoluzionismo di Charles Darwin che, per essere verificato direttamente, richiederebbe tempi d'osservazione talmente lunghi (milioni di anni) da non essere riproducibili in laboratorio; in questi casi, le verifiche sperimentali si basano sull'analisi genetica, su quella dei fossili e su esperimenti con microrganismi i cui cicli riproduttivi sono estremamente brevi.

Contemporaneo di Galilei fu Francesco Bacone, che appartiene però alla corrente induttivista, alla quale in seguito aderirà anche Newton. Bacone tentò di costruire un metodo rigoroso (l'Organum), al quale egli voleva ricondurre ogni descrizione e affermazione sul mondo, e tramite il quale poter evitare quei pregiudizi (gli Idòla) che ostacolerebbero una reale percezione dei fenomeni della natura.

Con Cartesio si riaffacciò il problema del metodo, originato dal suo proposito di ricondurre la disciplina scientifica sulla strada della "certezza" di fronte alle molteplici possibili e arbitrarie "opinioni" o posizioni filosofiche.

Kant e l'Ottocento

«Quando Galilei fece rotolare le sue sfere su di un piano inclinato con un peso scelto da lui stesso, e Torricelli fece sopportare all'aria un peso che egli stesso sapeva già uguale a quello di una colonna d'acqua conosciuta […] fu una rivelazione luminosa per tutti gli investigatori della natura. Essi compresero che la ragione vede solo ciò che lei stessa produce secondo il proprio disegno, e che […] essa deve costringere la natura a rispondere alle sue domande; e non lasciarsi guidare da lei, per dir così, colle redini; perché altrimenti le nostre osservazioni, fatte a caso e senza un disegno prestabilito, non metterebbero capo a una legge necessaria.»

(Kant, Prefazione alla Critica della ragion pura [1787], Laterza, Roma-Bari 2000)

Immanuel Kant

Sul finire del Settecento fu fondamentale il contributo di Kant (1724-1804): come già per Aristotele e Tommaso (seppur in modi diversi), anche secondo Kant la nostra conoscenza non deriva dall'esperienza, ma è a priori. Kant criticò David

Hume, secondo cui l'oggettività delle leggi scientifiche (in particolare quella di causa-effetto) non era valida perché nascerebbe da un istinto soggettivo di abitudine. Kant operò una sorta di rivoluzione copernicana affermando che la nostra ragione gioca un ruolo fortemente attivo nel metodo conoscitivo; le proposizioni scientifiche in grado di ampliare il nostro sapere sul mondo, infatti, non si limitano a recepire passivamente dei dati, ma sono di natura critica e deduttiva. Egli le chiamò giudizi sintetici a priori: sintetici perché unificano e sintetizzano la molteplicità delle percezioni derivanti dai sensi; a priori perché non dipendono da queste ultime. Nella Deduzione trascendentale Kant dimostrò che nel nostro intelletto ci sono delle categorie che si attivano solo quando ricevono informazioni da elaborare (cioè sono trascendentali), e giustificano il carattere di universalità, necessità, e oggettività che diamo alla scienza; viceversa, senza queste caratteristiche, non si ha vera conoscenza. Kant può essere fatto rientrare nella corrente filosofica del realismo, poiché postulava una netta separazione tra soggetto conoscente e oggetto (o noumeno), anche se questa distinzione fu spesso foriera di equivoci.

Nel 1866, con la pubblicazione dell'Introduction à l'étude de la médecine expérimentale, Claude Bernard tenta di adottare un metodo, detto sperimentale, nel settore della medicina. L'emergere delle scienze umane e sociali a partire dalla fine del secolo 1800 fino al secolo 1900 ha rimesso in discussione questo modello unico del metodo scientifico.

La fiducia nel carattere di certezza della scienza, che era il proposito cartesiano fatto proprio nell'Ottocento dal positivismo, in particolare da Comte,[19] comincerà via via a declinare, specie in seguito ai lavori di Popper per il quale la scienza è sempre congetturale e si può avere certezza solo del falso.

Einstein

Albert Einstein

Schema della curvatura della luce (dovuta all'effetto gravitazionale) prevista dalla teoria di Einstein, la cui validità fu corroborata per la prima volta durante l'eclissi del 1919

Ai primi del Novecento, Einstein (1879-1955) rivoluzionò il metodo scientifico con un approccio che stupì i contemporanei: egli formulò la relatività generale partendo non da esperimenti o da osservazioni empiriche, ma basandosi su ragionamenti matematici e analisi razionali compiuti a tavolino. Inizialmente gli scienziati erano scettici, ma le predizioni fatte dalla teoria in effetti non furono smentite dalle misurazioni di Arthur Eddington durante un'eclissi solare nel 1919, che confermarono come la luce emanata da una stella fosse deviata dalla gravità del Sole quando passava vicino ad esso. Einstein disse in proposito:

«Max Planck non capiva nulla di fisica perché durante l'eclissi del 1919, è rimasto in piedi tutta la notte per vedere se fosse stata confermata la curvatura della luce dovuta al campo gravitazionale. Se avesse capito davvero la teoria avrebbe fatto come me e sarebbe andato a letto»

(Archivio Einstein 14-459)

La relatività generale fu successivamente sostenuta da applicazioni matematiche che introducevano molte implicazioni nel campo della fisica ma soprattutto in quello dell'astronomia. Essendo la teoria rivoluzionaria, essa è stata sottoposta a numerosi esperimenti e controlli.

Lo stesso criterio è stato più volte adottato nella scoperta di particelle previste teoricamente e successivamente non smentite da vari esperimenti scientifici.

Popper
In seguito alle teorie e all'approccio di Einstein, nel tentativo di definire un metodo scientifico valido anche nel campo delle scienze umane, i filosofi hanno cercato nuovi ragionamenti ed un importante contributo è venuto da Karl Popper (1902-1994) e dalla sua pubblicazione Logica della scoperta scientifica. Rifacendosi a Kant, Popper respinse l'approccio induttivo del positivismo logico, affermando che un metodo scientifico, per essere tale, deve essere rigorosamente deduttivo, e ribadì come la conoscenza sia un processo essenzialmente critico.

Aderendo alla corrente del realismo, Popper accolse dalla tradizione aristotelico-tomista l'ideale della verità come corrispondenza ai fatti. La verità, secondo Popper, è una, oggettiva e assoluta;[20] ed esiste sempre una proposizione in grado di descriverla.[21] Egli distinse tuttavia tra la possibilità oggettiva di approdarvi (che può avvenire anche per caso), e la consapevolezza soggettiva di possederla, che invece non si ha mai. Noi non possiamo mai avere la certezza di essere nella verità, ma solo nell'errore. L'ideale della corrispondenza ai fatti è però un ideale regolativo che deve sempre guidare lo scienziato, attraverso lo strumento della logica formale: ad esempio, due proposizioni in conflitto tra loro non possono essere entrambe vere.

Oltre Popper
Critiche, più in generale, all'idea che il progresso scientifico si sviluppi realmente secondo un metodo scientifico sono state avanzate da Thomas Kuhn, che ritiene che il progresso scientifico sia non lineare e caratterizzato dall'imporsi di nuovi successivi paradigmi che costituiscono una vera e propria rivoluzione scientifica. e; altre critiche sono state mosse da Imre Lakatos, che tra l'altro era stato allievo di Popper. Lakatos tuttavia credeva nella scienza e nel progresso scientifico. A livello di indagine sull'unificazione e interdiscipliarietà tra le varie branche della fisica, un settore chiave è legato all'indagine di analisi dimensionale e al sistema internazionale di grandezze.

Le critiche più radicali al metodo scientifico dal punto di vista epistemologico sono dovute a Paul Feyerabend nel suo Contro il metodo, e in altri lavori successivi. Feyerabend sostiene che la scienza non si sarebbe potuta sviluppare se gli scienziati avessero realmente applicato il metodo così come concepito da gran parte dei filosofi della scienza, e porta alcuni esempi di scienziati che hanno sostenuto una teoria contro l'evidenza dei dati sperimentali[22].

Bertrand Russell nel suo libro L'impulso della scienza sulla società, affronta il tema dello sviluppo che la tecnica scientifica potrà avere in futuro, e in particolare dei pericoli legati alla strumentalizzazione a fini personali che tale scienza potrebbe avere da parte di qualcuno, a fini di controllo.

Il Ciclo conoscitivo
Il Ciclo conoscitivo definisce il percorso (ricorsivo) per raggiungere o consolidare la conoscenza di un determinato argomento. Non c'è accordo universale su quale sia questo percorso, perché la sua definizione dipende anche da che cosa si intenda in generale per conoscenza, e questo costituisce un argomento di discussione della filosofia. In proposito, è particolarmente acceso il dibattito tra deduttivisti e induttivisti. Si cerca ora pertanto di passare in rassegna i due metodi, quello induttivo e quello deduttivo.

Il metodo induttivo

Il metodo induttivo

Limitandosi al campo delle scienze naturali, fisiche e matematiche, il ciclo conoscitivo induttivo o induzione descrive il percorso seguito per arrivare alla stesura di una legge scientifica a partire dall'osservazione di un fenomeno. Si articola nei seguenti passi, ripetuti ciclicamente:

Osservazione;
Esperimento;
Correlazione fra le misure;
Definizione di un modello fisico;
Elaborazione di un modello matematico;
Formalizzazione della teoria.

Osservazione
L'osservazione è il punto di partenza (e di arrivo) del ciclo di acquisizione della conoscenza nel senso che costituisce lo stimolo per la ricerca di una legge che governa il fenomeno osservato ed anche la verifica che la legge trovata sia effettivamente sempre rispettata. Si tratta di identificare le caratteristiche del fenomeno osservato, effettuando delle misurazioni adeguate, con metodi esattamente riproducibili. In fisica, infatti, tale parola è spesso usata come sinonimo di misura.

Esperimento
L'esperimento, dove possibile, è programmato dall'osservatore che perturba il sistema e misura le risposte alle perturbazioni. Esistono tecniche di programmazione sperimentale, che consentono di porsi nelle condizioni migliori per perturbare in maniera minimale, ma significativa, al fine di osservare le risposte nel migliore dei modi.

Correlazione fra le misure
L'analisi della correlazione fra le misure, che si colloca nel ciclo immediatamente dopo la fase di osservazione, costituisce la parte iniziale del patrimonio tecnico-scientifico utilizzabile per la costruzione del modello. Il dato grezzo, che è costituito in genere da tabelle di misure, può venire manipolato in vari modi, dalla costruzione di un grafico alla trasformazione logaritmica, dal calcolo della media alla interpolazione tra i punti sperimentali, utilizzando i metodi della statistica descrittiva.

Bisogna prestare attenzione nella scelta del tipo di funzione che correla i dati perché, citando Rescigno[23], le modulazioni dei dati ne cambiano il contenuto informativo. Infatti, se le manipolazioni mettono in evidenza alcune informazioni contenute nei dati, possono eliminarne altre. Quindi il contenuto informativo può diventare inferiore a quello dei dati originali.

Modello fisico
Per facilitare il compito di scrivere la legge che esprime l'andamento di un certo fenomeno, si costruisce mentalmente un modello fisico, con elementi di cui si conosce il funzionamento, e che si suppone possano rappresentare il comportamento complessivo del fenomeno studiato.

Va notato che spesso un medesimo fenomeno può venire descritto con modelli fisici, e quindi anche con modelli matematici, diversi. Ad esempio i gas possono essere considerati come fluidi comprimibili oppure come un insieme di molecole. Le molecole possono essere pensate come puntiformi oppure dotate di una struttura; fra di loro interagenti oppure non interagenti: tutti modelli diversi. Ancora, la luce può venire considerata un fenomeno ondulatorio oppure un flusso di particelle e così via.

L'empirismo radicale sostiene che non è possibile avanzare oltre la conoscenza contenuta nei dati grezzi e quindi rifiuta il fatto che la conoscenza induttiva, sulla quale si fondano leggi empiriche e modelli, costituisca nuova conoscenza. Viceversa, la posizione realista è molto più flessibile e consente di parlare anche di concetti non direttamente osservabili, come la forza di attrazione gravitazionale o il campo elettromagnetico, la cui conoscenza è resa possibile adattando opportuni modelli all'osservazione degli effetti di tali entità e utilizzando a fondo le possibilità dell'induzione.

Modello matematico

Lo stesso argomento in dettaglio: Processo di costruzione teorica.

Il modello matematico si colloca al massimo livello di astrazione nel ciclo conoscitivo: la parte del ciclo che si occupa dei modelli è il dominio delle scienze teoriche.

In generale un modello matematico è costituito da più elementi concatenati, ognuno dei quali è descritto da un'equazione e caratterizzato dai parametri che entrano in tale equazione.

Il modello deve essere validato con una fase di verifica attraverso un numero adeguato di dati sperimentali. Esso si dice identificabile appunto se è possibile determinare tutti i parametri delle equazioni che lo descrivono.

Una volta che il ciclo conoscitivo è completo si può iniziare ad approntare una teoria che comprenda il fenomeno osservato. Lo studio sistematico della teoria può mettere in luce nuove possibili osservazioni e predire il risultato delle corrispondenti misure. Se il risultato è positivo la teoria risulta confermata, se negativo occorre avviare un nuovo ciclo induttivo.

Il metodo deduttivo

Esempio di metodo deduttivo: non è l'osservazione a spronare la scienza, bensì il sorgere di problemi e il tentativo costante di eliminare gli errori.[24]

Il filosofo e logico inglese Bertrand Russell (1872-1970) sollevò un importante problema riguardo a quello che venne considerato, fin dai tempi di Bacone, il modo di fare scienza: il metodo dell'induzione. Secondo questa metodologia, la scienza si baserebbe sulla raccolta di osservazioni riguardo ad un certo fenomeno X, da cui trarre una legge generale che permetta di prevedere una futura manifestazione di X. Ciò che Russell osservò, con classico humour inglese, è che anche il tacchino americano, che il contadino nutre con regolarità tutti i giorni, può arrivare a prevedere che anche domani sarà nutrito... ma "domani" è il giorno del Ringraziamento e l'unico che mangerà sarà l'allevatore (a spese del tacchino)! Questa fu la celebre obiezione del tacchino induttivista.

Detto in maniera sintetica, l'induzione non ha consistenza logica perché non si può formulare una legge universale sulla base di singoli casi; ad esempio, l'osservazione di uno o più cigni dal colore bianco non autorizza a dire che tutti i cigni sono bianchi; esistono infatti anche dei cigni di colore nero.

Una problematica analoga venne sollevata dal già citato Karl Raimund Popper, il quale osservò che nella scienza non basta "osservare": bisogna saper anche cosa osservare. L'osservazione non è mai neutra ma è sempre intrisa di teoria, di quella teoria che, appunto, si vorrebbe mettere alla prova. Secondo Popper, la teoria precede sempre l'osservazione: anche in ogni approccio presunto "empirico", la mente umana tende inconsciamente a sovrapporre i propri schemi mentali, con le proprie categorizzazioni, alla realtà osservata.

Il criterio popperiano di falsificabilità
Karl Popper ha quindi elaborato una definizione di metodo scientifico deduttivo basata sul criterio di falsificabilità, anziché su quello induttivo di verificabilità. Gli esperimenti empirici non possono mai, per Popper, "verificare" una teoria, possono invece smentirla. Il fatto che una previsione formulata da un'ipotesi si sia realmente verificata, non vuol dire che essa si verificherà sempre. Perché l'induzione sia valida occorrerebbero cioè infiniti casi empirici che la confermino; poiché questo è oggettivamente impossibile, ogni teoria scientifica non può che restare nello status di congettura.

Se tuttavia una tale ipotesi resiste ai tentativi di confutarla per via deduttiva tramite esperimenti, noi possiamo (pur provvisoriamente) ritenerla più valida di un'altra che viceversa non abbia retto alla prova dei fatti. La sperimentazione, dunque, svolge una funzione importante ma unicamente negativa; non potrà mai dare certezze positive, cioè non potrà rivelare se una tesi è vera, può dire solo se è falsa.

E siccome ciò che noi chiamiamo "osservazione" è già in realtà una sorta di "pregiudizio", secondo Popper la formulazione di una teoria scientifica non deriva necessariamente dall'osservazione o descrizione di un dato fenomeno, poiché non c'è un nesso causale tra la percezione sensoriale e le idee della ragione. La genesi di una teoria non ha

importanza: essa scaturisce dalle nostre intuizioni, e può avvenire anche in sogno.[25] Mentre l'osservazione, che pure rimane fondamentale, di per sé non offre né costruisce teorie: essa deve avvenire in un momento successivo a quello della formulazione, e serve non a confermare ma a demolire.

Per il metodo popperiano, quindi, ciò che conta di una teoria scientifica non è la sua genesi soggettiva, ma il fatto che essa sia espressa in forma criticabile e falsificabile sul piano oggettivo.

Il criterio di falsificabilità fu suggerito a Popper dall'audacia della teoria della relatività di Albert Einstein che fu elaborata esclusivamente sulla base di esperimenti mentali e calcoli compiuti a tavolino (o come disse lui stesso per «un puro gioco inventivo»),[26] con cui il genio tedesco osò sfidare le teorie preesistenti, e persino l'evidenza del senso comune.[27] Popper ne dedusse che una teoria è tanto più scientifica quanto meno teme la falsificazione, ma anzi accetta di misurarsi con essa. Quanto più una teoria sembri a prima vista facilmente falsificabile, tanto più essa rivela la propria forza e coerenza se regge alla prova dei fatti.

Regole per applicare il metodo deduttivo all'osservazione dei fenomeni naturali
La preoccupazione metodologica scientifica è quella di rispettare una serie di regole imposte dal pensiero logico al fine di salvaguardare la realtà e l'obiettività dei fenomeni studiati.

Le scienze naturali, dette anche scienze empiriche per il loro carattere sperimentale, sono una forma di conoscenza basata su due elementi fondamentali, l'oggetto di studio ed il metodo impiegato.

Questa conoscenza è un sapere empirico, cioè fondato sull'esperienza, descrittivo ed esplicativo, di osservazioni singole e limitate che possono essere sia ripetute che generalizzate.

L'oggetto di studio della scienza è la realtà sensibile, vale a dire il mondo che ci circonda nei suoi diversi aspetti e ciò che rende ammissibile l'introduzione di un ente nel discorso scientifico, è la sua osservabilità di principio, cioè di registrare mediante strumenti di varia natura l'esistenza di un dato oggetto o di un fenomeno e di descriverli.

Il metodo sperimentale, detto anche galileano o ipotetico-deduttivo, è una procedura conoscitiva articolata in diverse proposizioni, chiamate ragionamento sperimentale. Esso si basa sull'idea che la teoria si costruisce all'inizio, non alla fine.

Per eseguire osservazioni scientifiche che abbiano carattere di oggettività, è necessario applicare le seguenti regole, proprie del metodo deduttivo:

formulare un'ipotesi;
esprimerla in modo da prevedere alcune conseguenze o eventi, deducibili dall'ipotesi iniziale;
osservare se si produce l'evento previsto;
se l'evento si produce, la teoria non è confermata, semplicemente non è stata smentita e possiamo accettarla solo provvisoriamente.

Dunque le basi della scienza sono quelle osservazioni di fenomeni naturali che chiunque può ripetere, da qui la preoccupazione di una descrizione dei fenomeni e delle conclusioni in termini selezionati, rigorosi e univoci, in modo che ognuno possa esattamente comunicare ciò che pensa.

Esempi di metodologia scientifica sono:

le sperimentazioni fatte dai fisici in varie epoche, per dimostrare la natura elettromagnetica e corpuscolare della luce;
le procedure di Louis Pasteur per dimostrare la teoria dei germi nell'eziologia di alcune malattie infettive.

Note

^ Salta a:a b Per una bibliografia che spiega perché Galilei è ritenuto il padre del metodo scientifico cfr.: Galileo Galilei e il metodo scientifico Archiviato il 3 marzo 2013 in Internet Archive. (a cura di Gianfranco Metelli). Cfr. anche Galileo Galilei Archiviato il 28 ottobre 2008 in Internet Archive.: «Galileo gettò le basi del moderno metodo scientifico. La fondamentale importanza che la figura di Galilei riveste riguarda il suo ruolo nel recupero del metodo scientifico sviluppato in epoche ellenistiche successivamente quasi dimenticate grazie al suo attento studio di alcune opere scientifiche, in particolare quelle di Archimede» (a cura di Anna Giordano).

^ Come sarà chiaro nel seguito, questa non vuole essere la definizione di un concetto su cui si è discusso a lungo e su cui ancora si discute; questi aggettivi vanno dunque intesi nel loro significato comune e non nell'eventuale accezione tecnica che possono aver acquisito. In particolare, il criterio di verificabilità non è accettato da tutti i filosofi della scienza: secondo Popper, ad esempio, il fatto di considerare verificata una teoria è espressione di fondamentalismo ideologico. Conoscenza scientifica in senso popperiano è solo quella che può essere falsificata dalla realtà, non verificata (Cfr. il paragrafo sul falsificazionismo popperiano).
^ Salta a:a b Alan Cromer, Physics for the Life Sciences, pag. 3, McGraw-Hill, 1977.
^ María José T. Molina, Il Metodo Scientifico Globale, p. 33, Molwick, 2013 ISBN 978-84-15-32861-2.
^ «Chiamo problema della demarcazione quello di trovare un criterio che ci metta in grado di distinguere tra le scienze empiriche da un lato, e matematica, logica e sistemi metafisici dall'altro» (Karl Popper, Logica della scoperta scientifica).
^ William Whewell, ad esempio, nota nella sua Storia della Scienza Induttiva che "inventiva, sagacia, genio" sono importanti ad ogni passo nel metodo scientifico. Non solo l'esperienza, dunque, ma anche l'immaginazione sarebbe essenziale al fare scienza.
^ Contro il Metodo, 1975.
^ Popper, Logica della scoperta scientifica (1959).
^ "The Fixation of Belief" (1877).
^ Fred N. Kerlinger, Howard B. Lee, Foundations of Behavioral Research, Harcourt College Publishers.
^ Lee Smolin, There is No Scientific Method, su bigthink.com. URL consultato l'8 giugno 2017.
^ Reflections of the Research, Innovation and Science Policy Experts (RISE) High Level Group (PDF), Commissione europea, marzo 2017. URL consultato il 19 novembre 2017 (archiviato dall'url originale il 1º dicembre 2017).
^ Cfr. Enciclopedia Treccani alla voce "Alfred Tarski".
^ Leonardo non raccolse organicamente i suoi scritti che vennero dispersi dopo la sua morte: cfr. Carlo Pedretti, Marco Cianchi, Leonardo, i codici, Giunti Editore, Firenze 1995.
^ «Dal punto di vista metodologico, egli [Leonardo] può venir considerato un precursore di Galileo, per l'importanza essenziale attribuita sia all'esperienza che alla matematica» (Ludovico Geymonat, Storia del pensiero filosofico e scientifico, vol. II, pag. 56, Garzanti, 1977).
^ Ubaldo Nicola, Atlante illustrato di filosofia, Giunti Editore, 1999, p. 296.
^ «...e stimo che, tolti via gli orecchi le lingue e i nasi, restino bene le figure i numeri e i moti, ma non già gli odori né i sapori né i suoni, li quali fuor dell'animale vivente non credo che sieno altro che nomi, come a punto altro che nome non è il solletico e la titillazione, rimosse l'ascelle e la pelle intorno al naso» (G. Galilei, Il Saggiatore, cap. XLVIII).
^ «La filosofia è scritta in questo grandissimo libro, che continuamente ci sta aperto innanzi agli occhi (io dico l'universo), ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua e conoscere i caratteri ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri sono triangoli, cerchi ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola» (G. Galilei, Il Saggiatore, cap. VI).
^ A. Comte, Corso di filosofia positiva, UTET, 1979
^

«Chiamiamo "vera" un'asserzione se essa coincide con i fatti o corrisponde ai fatti o se le cose sono tali quali l'asserzione le presenta; e il concetto cosiddetto assoluto o oggettivo della verità, che ognuno di noi continuamente usa. Uno dei più importanti risultati della logica moderna consiste nell'aver riabilitato con pieno successo questo concetto assoluto di verità. [...] Vorrei indicare nella riabilitazione del concetto di verità da parte del logico e matematico Alfred Tarski il risultato filosoficamente più importante della logica matematica moderna.»

(Popper, Sulla logica delle scienze sociali, in AA.VV., Dialettica e positivismo in sociologia, Einaudi, Torino 1972)

^ Popper paragonò la verità alla vetta di una montagna: lo scienziato può essere capace di approdarvi, pur non avendone certezza:

«Lo status della verità intesa in senso oggettivo, come corrispondenza ai fatti, con il suo ruolo di principio regolativo, può paragonarsi a quello di una cima montuosa, normalmente avvolta fra le nuvole. Uno scalatore può, non solo avere difficoltà a raggiungerla, ma anche non accorgersene quando vi giunge, poiché può non riuscire a distinguere, nelle nuvole, fra la vetta principale e un picco secondario. Questo tuttavia non mette in discussione l'esistenza oggettiva della vetta; e se lo scalatore dice «dubito di aver raggiunto la vera vetta», egli riconosce, implicitamente, l'esistenza oggettiva di questa.»

(Popper, Congetture e confutazioni, Il Mulino, Bologna 1972, p. 338)

^ Paul Feyerabend, Contro il metodo. Abbozzo di una teoria anarchica della conoscenza, 4ª ed., Milano, Feltrinelli, ottobre 1981.
^ Vedi: A. Rescigno e J.S. Beck, The Use and Abuse of Models; Journal of Pharmacokinetics and Biopharmaceutics, Vol. 15, pag. 327-340 (1987)
^ La lezione di Popper: imparare attingendo dal serbatoio dei nostri erroriArchiviato il 29 dicembre 2011 in Internet Archive., articolo di V. Garofalo.
^ «Al pari dei grandi poeti, la grande scienza e i grandi scienziati sono spesso ispirati da intuizioni non razionali. E lo stesso si può dire dei grandi matematici. Come Poincarè e Hadamard hanno sottolineato, è possibile scoprire una prova matematica attraverso tentativi inconsci, guidati da un'ispirazione di natura decisamente estetica, piuttosto che da un'idea razionale. [...] È irrilevante come si arrivi ai risultati, soprattutto se buoni: lo si può fare sognando, bevendo caffè forte, o persino ricorrendo ad una epistemologia sbagliata» (Karl Popper, Il mito della cornice. Difesa della razionalità e della scienza, Il Mulino, 1994).
^ Rita Levi Montalcini, Abbi il coraggio di conoscere, cap. 15, Scienza e arte: un unico processo cognitivo, Corriere della Sera, 2013.
^ «Einstein avvalorava così, con la sua consueta modestia e formidabile autorità, la teoria che la scoperta non è la risultante di una paziente raccolta ed elaborazione di informazioni, ma il frutto dell'intuito» (Rita Levi Montalcini, L'asso nella manica a brandelli, cap. 5, Milano, Baldini & Castoldi, 1998).

Bibliografia

Paolo Rossi Monti, Aspetti della rivoluzione scientifica, Napoli, A. Morano, 1971.
Paolo Rossi Monti, La rivoluzione scientifica: da Copernico a Newton, Torino, Loescher, 1973.
Paolo Rossi Monti, La scienza e la filosofia dei moderni: aspetti della rivoluzione scientifica, Torino, Bollati Boringhieri, 1989.
Giorgio De Santillana, Els orígens del pensament científic: d'Anaximander a Proclus, del 600 aC al 300 dC,Londres, Weidenfeld & Nicolson, 1961, (trad. en. Els orígens del pensament científic: d'Anassimandro a Proclo, 600 aC - 500 dC,Florència, Sansoni, 1966).
Enrico Bellone, Caos i Harmonia. Història de la física,Torí, UTET, 2007, ISBN 88-02-07773-8.
Cristina Bicchieri, Raons per creure, Raons per fer. Convencions i restriccions en el mètode científic,Milà, Feltrinelli, 1988, ISBN 88-07-10100-9.
Paul K. Feyerabend, Diàleg sobre el Mètode,Roma-Bari, Laterza Publishers, 1993.
Paul K. Feyerabend, Contra el mètode: Esbós d'una teoria anarquista del coneixement,Milà, G. Feltrinelli Editor, 1979, ISBN 88-07-10027-4.
Galileo Galilei, Diàleg sobre els dos sistemes més grans del món,Milà, BUR Rizzoli, 2008.
Donald Gillies, Intel·ligència Artificial i Mètode Científic, Milà, Raphael Cortina Editor, 1998, ISBN 88-7078-481-9.
Friedrich A. von Hayek, L'abús de la raó, Soveria Mannelli (CZ), Editor Rubbettino, 2008, ISBN 88-498-1801-7.
Thomas Kuhn, L'estructura de les revolucions científiques, Torí, editor Giulio Einaudi, 1979.
Imre Lakatos, La Metodologia en Programes d'Investigació Científica,Milà, L'Assagista, 1996, ISBN 88-428-0335-9.
Federico Laudisa, Albert Einstein. Un atles filosòfic,Milà, Bompiani, 2010.
André Pichot, El naixement de la ciència. Mesopotàmia, Egipte, Antiga Grècia,Bari, Dedalo Edicions, 1993, ISBN 88-220-0534-1.
Karl Popper, Lògica del Descobriment Científic, Torí, Editor Giulio Einaudi, 1970.
Karl Popper, Conjectura i Rebuttations, Bolonya, Editorial Il Mulino, 1972.
Claudio Ronchi, L'arbre del coneixement. Llums i ombres de laciència , Milà, Editorial Jaca Book, 2010.

Alessandro Stasolla, Popper i el radiòleg. Mètode científic i fallibilitat del metge,Soveria Mannelli (CZ), Rubettino Publisher, 2009, ISBN 88-498-2332-0.
Geoffrey Stokes, Popper,editat per Marco Bresadola, Bolonya, Editorial Il Mulino, 2002, ISBN 88-15-08471-1.

Referències

Anàlisi dimensional
Informe de cas
Comunitat científica
Mida mesurable
Epistemologia
Experiment
Per falsificació
Filosofia de la ciència
Observable
Revisió d'experts
Positivisme
Heurística
Problema de la demarcació
Procés teòric de construcció
Navalla d'Occam
Recerca científica
Repetibilitat
Reproductibilitat
Escepticisme metodològic
Escepticisme científic
Ciència
Cas d'estudi
El verificationisme

Altres projectes

La Wikiquote conté cites sobre el mètode científic
Wikimedia Commons conté imatges o altres fitxers sobre el mètode científic

Enllaços externs

(EN) Anne Andersen i Brian Hepburn, Mètode Científic,a Edward N. Zalta (editat per), Stanford Encyclopedia of Philosophy,Center for the Study of Language and Information (CSLI), Stanford University.
Entrevista de Karl Popper sobre el mètode hipotètic-deductiu: la teoria del far, a emsf.rai.it. URL consultat el 26 d'agost de 2011 (arxivat de laurl original l'11 d'octubre de 2011).
Entendre la ciència: Com funciona realment laciència, undsci.berkeley.edu. . .Universitat de Berkeley

(S'ha redirigit des de: Salta a(S'ha redirigit des de: Salta a

"Cap quantitat d'experiments pot demostrar que tinc raó; un sol experiment em pot demostrar malament."

(Albert Einstein,carta a Max Nascut del 5 de desembre de 1926)

Galileo Galilei,l'iniciador del mètode científic[1] (estàtua a l'avantsala dels Uffizi, Florència)

El mètode científic (o mètode experimental)és la manera típica en què la ciència procedeix a aconseguir un coneixement objectiu, fiable, verificable i compartible de la realitat: consisteix, d'una banda, en la recopilació de dades empíriques sota la direcció d'hipòtesis i teories a examinar; d'altra banda, en l'anàlisi rigorosa i lògica-racional i, si és possible, les matemàtiques d'aquestes dades, és a dir, associant, com va afirmar per primera vegada Galilei,les "experiències assenyades" ambles "demostracions necessàries",és a dir, l'experimentació amb les matemàtiques. [3] [3]

En el debat epistemològic hi ha un contrast entre els partidaris del mètode inductiu i els del mètode deductiu,amb l'enfocament científic que s'avalua de manera diferent també sobre la base del seu abast, és a dir, si es refereix a les ciències naturals, o viceversa a les humanitats[4] (en el primer cas parlem de"ciències dures",en el segonde "ciències toves").

Encara que l'autoria oficial del mètode científic, en la forma estricta definida anteriorment, s'atribueix històricament a Galileo Galilei,per tant també el nom del mètode galilean[3], estudis experimentals i reflexions filosòfiques sobre aquest tema també tenen arrels enl'antiguitat, l'Edat Mitjana i el Renaixement.

Índex

Descripció[edició) edició wikitext]

El problema amb el "mètode"[edició edició wikitext]

La recerca del mètode pel qual es va desenvolupar el mètode científic va néixer com a conseqüència de l'èxit evident, pràctic i teòric, aconseguit al llarg dels segles per la ciència, amb la convicció (o esperança) que aquest èxit es remunta a l'aplicació, precisament, d'un mètode senzill fàcilment exportable a moltes altres disciplines, si no totes. De Galileu a l'actualitat, però, la ciència ha evolucionat i s'ha articulat en noves disciplines, el que fa difícil definir una metodologia precisa aplicada universalment i aplicable al llarg de diversos segles i disciplines.

El terme "mètode científic" també es pot utilitzar per referir-se a conceptes significativament diferents. En particular, és possible distingir dos significats principals, encara que hi ha molts matisos i no és possible trobar una solució real de continuïtat entre els dos conceptes.

D'una banda, es pot entendre el mètode científic en un sentit abstracte, com el conjunt de criteris (teòrics però també operatius) sobre la base dels quals un resultat, teòric o experimental, pot ser considerat eficaçment científic i ha de ser acceptat com a tal per altres científics i en general per l'Estat (penseu, per exemple, l'ús de "evidència científica" en els tribunals). En particular, serien aquells criteris que distingirien un discurs científic d'un discurs metafísic, religiós o pseudocientífic. El problema es coneix d'una altra manera com el problema de la demarcació. [5] [5]

D'altra banda, el mètode científic pot referir-se no a les característiques per les quals es considera un determinat resultat científic, sinó al camí concret seguit per aconseguir el resultat en si i, per tant, referir-se més exquisidament a la pràctica diària i concreta del científic, o almenys a la pràctica adoptada pel conjunt de la comunitat científica, en la seva activitat investigadora. Nombrosos filòsofs o historiadors de la ciència, des de Whewell (1794-1866)[6] fins a Feyerabend (1924-1994)[7], han declarat que els científics sovint semblen arribar a la formulació d'una nova teoria a través de processos intuïtius que tenen poc o res en comú amb el que idealment es descriu com un mètode científic. Charles Sanders Peirce (1839-1914) va observar que la formulació d'hipòtesis científiques sovint té lloc a través d'un procés lògic, anomenat segrest,que accelera la recerca de la veritat, encara que sovint resulta fal·laç.

Com es va dir, els dos significats no estan completament separats l'un de l'altre. Es podria argumentar, per exemple, que si hi ha criteris de mètode que caracteritzen el discurs científic (primer significat) haurien de ser necessàriament els mateixos adoptats pels científics en la seva activitat diària (segons el significat). D'altra banda, també és cert que la manera de procedir del científic individual també pot estar més o menys fora de qualsevol esquema (penseu en les múltiples figures d'alguna manera brillants que han caracteritzat la història de la ciència i la seva manera de procedir per intuïció i aparentment sense cap mètode sistemàtic), i que per caracteritzar com a científics els seus resultats són, per tant, criteris una mica independents de la seva activitat de descobriment i recerca (per exemple, la reproductibilitat de les seves dades experimentals).

Una altra dificultat sorgeix de la diversitat essencial entre les moltes disciplines que aspiren a considerar-se científiques. Cada disciplina té les seves pròpies característiques peculiars i la seva declinació específica del mètode científic. En primer lloc, cal distingir entre les anomenades ciències dures, pera les quals és clarament aplicable el principi de reproductibilitat dels experiments, i les ciències toves,per exemple les humanitats. L'estudi galilean, per exemple, de la caiguda del seriós podria aprofitar la repetició de cada experiment i el tractament estadístic de dades mesurades, procediments que no són aplicables si no són impossibles en disciplines que analitzen esdeveniments irrepetibles com la cosmologia, la sismologia, la teoria de l'evolució de les espècies,etc. i encara menys en les ciències socials. Pel que fa a les ciències humanes en el sentit estricte, els mètodes quantitatius i estadístics s'apliquen en psicologia experimental,mentre que, per exemple, en psicoanàlisi utilitzem esquemes essencialment interpretatius, que, segons Popper i molts altres, estan fora del mètode científic. Els estudis històrics o literaris també solen utilitzar dades obtingudes per mètodes científics (per exemple, fins ara, troballes), però en el moment crucial de la síntesi de totes les dades no poden confiar en experiments ni en models matemàtics i recórrer a esquemes interpretatius fortament influenciats pel consens cultural. Per exemple, en la història és fàcil reconèixer trets comuns a la historiografia resurgent, mentreque en l'exgesi bíblica la hipòtesidocumental ha estat considerada durant dos segles una veritat adquirida, però avui només la segueix una part minoritària de la bíblica.

Els diferents problemes que debaten científics, filòsofs i sociòlegs[modifica] edició wikitext]
Aquests i altres matisos de significat relacionats amb el concepte de mètode científic són la raó per la qual, sobre aquest concepte, s'ha discutit molt i hi ha (encara) un acord generalment compartit sobre una possible definició del mètode aplicable a totes les disciplines "científiques". El debat és extremadament complex i implica no només la pràctica científica, sinó també l'especulació filosòfica i sociològica.

Simplificar es podria dir que els científics de cada disciplina estan interessats a definir les metodologies aplicables al seu propi abast, indispensables perquè una contribució sigui dita "científica" i, per tant, sigui utilitzada per la comunitat entre iguals (per exemple, en medicina l'aplicació d'assajos clínicsa doble cec).

Els filòsofs, d'altra banda, estan interessats principalment a entendre el "contingut de la veritat" de les reivindicacions científiques. En desacord, per exemple, amb la idea que podem extreure amb seguretat el coneixement de la realitat externa, d'una manera inductiva, protegida de les deformacions del nostre pensament, ens oposem popper,el filòsof principal de la ciència del segle XX, segons el qual només podem veure el que la nostra ment produeix: una teoria pot ser sotmesa a controls efectius i dir científic només si es formula de forma priori. La peculiaritat del mètode científic és la possibilitat de falsificar-lo, no la presumpció de "verificar-lo". [8] [8]

Sociòlegs i historiadors de la ciència estudien la ciència com un procés cultural. A continuació, es fa preeminent per entendre com evoluciona el coneixement científic (per graus d'una manera lineal o a través de revolucions científiques reals, com diu Kuhn) i quins són els mecanismes socials pels quals s'estén i s'imposa una nova concepció. Segons

Charles Sanders Peirce, per exemple, hi ha diferències peculiars entre el mètode científic i altres mètodes pels quals s'afirma una creença. [9] Enumera quatre mètodes utilitzats per adquirir i difondre coneixements:[10]

Mètode de tenacitat: sabem que alguna cosa és certa perquè les nostres vides es basen en ella i perquè seguim dient que és veritat.
Mètode d'autoritat: una cosa és certa perquè establert tal per una autoritat reconeguda (la Bíblia, elsmitjans de comunicació, un gran profeta, un gran científic, una organització fiable)
Mètode a priori (o mètode d'intuïció): una cosa és certa si és d'acord amb la raó, que per inclinació natural tendeix a la veritat.
Mètode de ciència: pel qual la nostra seguretat del coneixement està determinada no per algun factor humà sinó per una realitat externa, permanent i no influenciada pel nostre pensament. En aquest sentit, el mètode científic és l'estudi sistemàtic, controlat, empíric i crític d'hipòtesis sobre les relacions entre diversos fenòmens.

L'anàlisi del procés científic a través de les ciències socials prescindeix del contingut de la veritat o no de la ciència i, per tant, implica metodològicament i de vegades afirma explícitament una concepció relatiològica del coneixement.

El progrés científic com a construcció social[modificació edició wikitext]
El progrés científic assumeix l'existència d'una comunitat que estimula culturalment la recerca, valida el seu mètode i pren els seus resultats. La interacció de l'investigador amb la comunitat es divideix en tres maneres principals:

Amb la participació en congressos especialitzats, on, per exemple, es poden comparar o proposar diferents enfocaments per resoldre un problema o proposar projectes de recerca o resultats parcials de la recerca en curs. Per exemple, els Congressos Solvay van ser d'extraordinària importància per al desenvolupament de la física teòrica del segle XX.
revisió per parells dels articles científics proposats per a la seva publicació. Un assoliment científic que aspira a obtenir un reconeixement ràpid i ampli requereix una publicació adequada en revistes acadèmiques especials reconegudes, en la matèria i no, per tal de fer-se públiques i legítimament qüestionables per la comunitat científica. Amb aquesta finalitat, primer s'ha de sotmetre a una revisió per parells,és a dir, ha de passar un escrutini crític per part d'altres especialistes en la matèria (normalment un a tres revisors anònims), que poden rebutjar o recomanar la publicació de l'obra o sol·licitar que se sotmeti a correccions o ampliacions. Aquest és un filtre addicional a possibles errors de mètode i altres defectes voluntaris o involuntaris (per exemple, biaixos).
a través d'una mètrica de l'impacte científic de cada obra. A la pràctica, el nombre de vegades que un article científic és citat per estudis posteriors, també tenint en compte la importància de les revistes en què es publiquen aquests estudis, mesura la influència que la publicació del resultat científic està exercint sobre el progrés de tot l'àmbit científic en qüestió.

Segons Lee Smolin, el progrés científic no està relacionat amb l'aplicació mecànica d'un mètode, sinó amb l'existència d'una comunitat d'especialistes guiada per principis ètics comuns:

dir la veritat i argumentar racionalment sobre la base de dades de domini públic;
quan les dades disponibles no són suficients per a un argument comú, fomentar la dissidència i la competència entre diferents hipòtesis sense pretendre establir nous paradigmes prematurament.

Segons Smolin, aquests principis són els mateixos que han determinat l'èxit de les societats democràtiques. [11] [11]

La manera en què la comunitat científica organitza la col·laboració entre especialistes ha estat i encara s'està discutint a diferents nivells en relació amb els interessos i inquietuds dels diferents actors:

L'acció filtrant sobre les noves propostes exercides pels consells editorials de la revista i els comitès científics dels congressos podria tendir a consolidar un "paradigma" conceptual (en el sentit estudiat per Kuhn)i dificultar així la difusió de qualsevol avenç científic tan innovador com per requerir un canvi de paradigma;
Aquesta acció de filtratge de vegades es demonitza i es considera que té interessos no científics. Aquest argument sol ser utilitzat pels defensors dels medicaments alternatius o en qualsevol cas de teories considerades pseudocientífiques; No,no, no, no.
Els costos de selecció i publicació d'articles es recuperen a través dels límits de consulta (a superar mitjançant el pagament d'una subscripció o una quota única per lectura a Internet). Això alenteix la difusió d'idees i beneficia els

investigadors de les institucions més dotades econòmicament.
La irrupció d'internet ha facilitat en gran mesura l'autoedició d'articles científics, tot i que no n'hi ha prou amb assegurar que els experts interessats siguin capaços d'identificar aportacions del seu possible interès. Els mecanismes d'avaluació prèvia (selecció editorial) i posterior (revisió) no han perdut la seva utilitat en informar d'importants contribucions en la massa més petita.

Des dels últims anys del segle XX, moltes disciplines han iniciat mecanismes per facilitar la consulta a Internet d'articles científics, mantenint eines de revisió d'experts. Al segle XXI, la percepció d'una necessitat d'una major reproductibilitat i transparència ha donat lloc al desenvolupament de criteris i eines per a la ciència oberta. [12] El 1997, el govern va començar a

Anuncis històrics[modifica] edició wikitext]
El mètode científic es desenvolupa històricament, però el seu nucli rau, com s'ha esmentat, en l'ús combinat de les matemàtiques i l'experiment. La solució de continuïtat representada per Galileo Galilei en el canvi dels segles XVI i XVII és tal, però, que l'ús dels termes ciència i científic en relació amb èpoques anteriors és impropi, especialment pel que fa al problema del mètode científic. Abans de Galileu, les figures més properes al científic modern van ser representades essencialment, d'una banda, per lògics i matemàtics (i , fins llavors amb poca diferència substancial - astrònoms), i de l'altra pels estudiosos de la filosofia natural, sies tractaven de l'univers sensible. Més en general podem dir que amb Galileu veiem el naixement de la ciència de la mateixa manera que un "despreniment" de la filosofia.

Egipcis[edició edició wikitext]
En els papirs egipcis antics, es poden identificar les formes d'un "mètode científic" primitiu. En concret, en les descripcions de la cirurgia, que indiquenantecedents mèdics, diagnòstic i teràpia quirúrgica dedicada, des de la preparació del pacient, la instrumentació, la tècnica operativa, fins al pronòstic i el curs postoperatori. A més, ja en l'antiguitat, els egipcis van dur a terme prediccions metòdices sobre cultius de blat en relació amb el nivell d'inundació de les aigües delNil.

En l'antiga civilització egípcia, però, la medicina general es va entendre de manera diferent: els papirs de teràpia mèdica il·lustren pràctiques relacionades amb supersticions i creences religioses, en lloc del vincle directe entre la causa de la malaltia i l'efecte del tractament.

Per tant, tot i que els antics egipcis van aplicar criteris científics dins de certes disciplines, es pot excloure que havien codificat el mètode.

Modifica lateva reservaonline edició wikitext]
Els Babylonian Astronomical Diaries són una col·lecció de tauletes cuneïformes, avui al Museu Britànic, queporten els principals esdeveniments astronòmics i polítics de Mesopotàmia un al costat de l'altre per a cada semestre. Tot i que la tauleta més antiga es remunta al segle VII aC, se suposa que la seva redacció va començar al segle abans de l'època del rei Nabonassar. La tauleta més recent, d'altra banda, es remunta al segle I: els diaris, per tant, van ser recopilats durant 6 o 7 segles. L'objectiu de l'equip editorial sembla ser verificar la correspondència entre esdeveniments celestials i terrestres, que constituïen una concepció fonamental dels pobles mesopotàmics fins a l'època dels sumerians i que es troba en l'origende l'astrologia. En aquest cas, aquest seria l'exemple més antic del programa de recerca científica de la humanitat.

Grecs[canvi edició wikitext]
Amb els primers pensadors grecs estem assistint a la sortida d'una cultura marcada pel mite i l'aparença, per primera vegada, d'un mètode de pensament marcat per l'ús de la raó, de l'argumentació, en contraposició al dogmatisme religiós. És el naixement de la filosofia, el progenitor de la ciència. Buscaven un coneixement innegable, un coneixement immutable en el temps, absolut, definitiu, incontrovertible, necessari i indubtable. Es coneixia com a "saber"(sophia),"raó"(logotips),"veritat"(alétheia)i "ciència"(epistéme).

Conte de Mileto, (624-548 aC) va ser el primer - al nostre coneixement - que va néixer animista i va morir un filòsof. En els escrits pervenutics s'afirma que Talete, observant la natura, va preveure amb molta antelació una gran collita d'olives i va monopolitzar al seu favor els molins, fent-se ric. Això introdueix un dels aspectes discriminatoris entre la ciència i aquelles disciplines que volen plantejar-se com a científiques(vegeu l'astrologia, perexemple): la capacitat de fer prediccions verificables és considerada un dels aspectes distintius de les disciplines autènticament científiques. Malgrat la seva capacitat per fer prediccions, Talete va morir d'insolció, després d'haver-se vist obligat a romandre sense barret al sol durant els Jocs Olímpics.

Retrat d'Aristòtil,adaptat d'un original grec de Lysippo

Aristòtil (384-322 aC) va fer una gran contribució a la sistematització dels coneixements adquirits fins aleshores i va establir els fonaments de la lògica formal,que es va mantenir essencialment intacta fins a finals del segle XIX, identificant en el syllogism la forma típica del procés deductiu,amb el qual treure conclusions coherents amb les premisses. Aristòtil va dir:

"Bé, l'eslògan és un discurs en el qual, quan es pregunten algunes coses, alguna cosa que no sigui el que s'estableix segueix de necessitat en virtut del que s'estableix. Per tant, hi ha una demostració quan el syllogism procedeix de veritables i primeres afirmacions, o d'aquestes afirmacions que han assumit el principi de coneixement relatiu a ells en virtut de certes afirmacions veritables i primeres; dialèctica és, en canvi, l'esylogisme que argumenta des d'opinions notables."

(Aristòtil, Topici, a M. Zanatta, Organon di Aristotle, Torí, 1996, vol. II, pàg.)

És important destacar que per aRistòtil el coneixement comença primer de tot des del tema: no és simple recepció de dades, però és obra del'intel·lecte actiu, que va més enllà dels aspectes contingents i transitoris de la realitat sensible,aconsegueix formes "abstractes" eternes i intel·ligibles.

Aristòtil també es distingeix entre els "propietaris de la ciència", és a dir, els que coneixen les causes (el "per què") i els que només coneixen els fets sense tenir coneixement de les seves causes (el "que"). La ciència, per aristòtil, sempre és coneixement de les causes. El syllogism és una construcció lògica formada per una o més proposicions prèvies (si...) de les quals sorgeix una conseqüent proposta (llavors...). L'eslògan en si mateix no garanteix la veritat, sinó que només serveix per treure conclusions coherents amb les veritats "veritables i primeres".

Indubtable precursor del mètode científic modern va ser Arquimedes (287-212 aC). L'estudi de les seves obres (recordeu en els cossos flotants, enel qual va emetre el famós principi que porta el seu nom) estudiosos compromesos durant molt de temps de principis de l'edat moderna, incloent el mateix Galileu, i va constituir un estímul important per al renaixement científic modern.

L'escola medieval[modificació] edició wikitext]

Tomàs d'Aquino

En el context de l'escola medieval, Thomas Aquino (1225-1274),referint-se als ensenyaments d'Aristòtil, va fer una

contribució més al mètode científic mitjançant la formulació d'una concepció de la veritat com una correspondència entre l'intel·lecte i l'objecte:

(La)
«Veritas est adaequatio intellectus ad rem; adaequatio rei ad intel·lectum; adaequatio rei et intellectus.»

(El seu)
"La veritat és un ajust de l'intel·lecte a la cosa; adaptació de la cosa a l'intel·lecte; adaptació de l'intel·lecte i la cosa."

La veritat,segons Thomas, té les característiques de la universalitat i la independència. Els nostres coneixements, per ser vàlids, no han de ser determinats per factors subjectius i contingents; la veritat és certa en si mateixa, en l'època d'Aristòtil com en totes les edats, per tant és absoluta i no depèn de res més.

Aquestes característiques de la veritat són reconegudes com a tals per la nostra raó,que no les aprèn del món circumdant, sotmeses a canvis en la temporalitat, sinó que les troba ja dins d'ella mateixa: d'una altra manera no podria reconèixer-les com immutables.

(La)
«Sed haec adaequatio no va poder provar nisi en intel·lectu. Ergo nec veritas est nisi en intel·lectu.»

(El seu)
"Però aquesta correspondència no pot existir excepte en l'intel·lecte. Per tant, la veritat no pot existir excepte en l'intel·lecte".

(De veritate, q. 1 a. 2 s. c. 2)

Igual que amb Aristòtil, els nostres coneixements neixen, per tant, del nostre intel·lecte:no els rebem inductivament del'experiència. Aquesta distinció entre una experiència coneguda i sensible serà fonamental per als desenvolupaments posteriors de la ciència, donant lloc al corrent filosòfic anomenat realisme. En el camp de la filosofia de la ciència, es va inspirar en l'Escola Alfred Tarski [13] i conseqüentment Popper.

A l'escola, entre d'altres, Ruggero Bacone (1214-1274)pertany a l'escola, que en els seus estudis va tractar d'aplicar fidelment el mètode hipotètic-deductiu de la filosofia aristotèlia, reavaluant la importància de l'experimentació i reproduint els arguments basats en la tradició.

Leonardo da Vinci[edició edició wikitext]

Estudi de proporcionalitat d'un cos humà, Venècia, Acadèmia

Fins i tot Leonardo (1452–1519),en el Renaixement, esva apropiar de l'hipotètic pensament aristotètic, mentre rebutjava el principi d'autoritat. La seva contribució a establir els fonaments del mètode científic va ser notable, encara que al final la majoria dels seus escrits es van perdre. [14] El 2007, el govern va començar a

Va anticipar alguns aspectes de la metodologia que més tard va ser concebuda el 1600 per Galileo Galilei:[15] com a exemple hi ha els seus projectes d'enginyeria, les màquines de Leonardo,els seus dibuixos del cos humà, estudis sobre perspectiva.

En particular, Leonardo va declarar la importància de dos factors:

experimentació empírica, perquè no n'hi ha prou amb raonar i fer ús de conceptes si no els proveu;
matemàtica,com a garantia de rigor lògic:

"La investigació humana pot ser cridada a la ciència real, no passa a través de demostracions matemàtiques."

(Leonardo, Tractat de Pintura,Newton Compton, 1996, p. 3)

Segons Leonardo, de fet, tots els fenòmens de la natura tenen lloc d'acord amb les lleis racionals que viuen per sota de les seves manifestacions externes.

Galilei i experimentació[edició] edició wikitext]

El pla inclinat, un delsprimers exemples d'experiment científic construït per Galileu per a l'estudi del moviment gravitacional. [16] [16]

Amb Galileo Galilei, elprimer a introduir formalment el mètode científic, es van introduirun conjunt de criteris que encara són vàlids avui en dia: es va abandonar la recerca d'essències primàries o qualitats, que era el propòsit de la filosofia aristotètia, amb la reducció de la realitat al fet quantitatiu i matemàtic pur. [17] El mètode calculador, que també va sorgir de la tradició isllogística clàssica, també va anar acompanyada de la importància de l'observació empírica, que va portar a la consideració de "ciència" només aquell complex de coneixements obtinguts de l'experiència i d'aquest funcional: segons una famosa fórmula del científic Pisa, és a dir, el llibre de la natura està escrit en lleis matemàtiques i, per entendre'ls, cal dur a terme experiments amb els objectes que ens posa a la nostra disposició. [18] [18]

Encara avui en dia, la ciència moderna distingeix entre els aspectes experimentals i teòrics: ni un ni l'altre són dominants, ja que forma part del mètode científic que un model teòric explica una observació experimental i avenços en futures observacions. Un dels punts bàsics és la reproductibilitat dels experiments, és a dir, la possibilitat que un fenomen determinat pugui ser re-proposat i estudiat en tots els laboratoris del món.

No sempre és possible reproduir observacions naturals experimentalment: per exemple, en algunes ciències coml'astronomia o la meteorologia no és possible reproduir molts dels fenòmens observats, i després s'utilitzen observacions i simulacions digitals. Un altre exemple ésl'evolucionisme de Charles Darwin, que, per ser verificat directament, trigaria tant de temps d'observació (milions d'anys) que no són reproduïbles al laboratori; En aquests

casos, les proves experimentals es basen en l'anàlisi genètica, l'anàlisi fòssil i els experiments amb microorganismes els cicles reproductius dels quals són extremadament curts.

El contemporani de Galilei va ser Francesco Bacone, quepertany al corrent inductiu,al qual Newton s'uniràmés tard. Bacon va tractar de construir un mètode rigorós(l'Organum),al qual volia rastrejar totes les descripcions i afirmacions sobre el món, i a través del qual podia evitar aquests prejudicis (l'I.I.A.) que dificultaria una percepció real dels fenòmens de la natura.

Amb Descartes va revifar el problema del mètode,originat per la seva intenció de recuperar la disciplina científica en el camí de la "certesa" davant les múltiples "opinions" o posicions filosòfiques possibles i arbitràries.

Kant i el segle XIX[edició edició wikitext]

"Quan Galilei va rodar les seves esferes en un avió inclinat amb un pes escollit per ell mateix, i Torricelli va fer que l'aire portés un pes que ell mateix ja sabia que era el mateix que el d'una columna coneguda d'aigua [...] va ser una revelació lluminosa per a tots els investigadors de la natura. Van entendre que la raó només veu el que produeix d'acord amb el seu propi disseny, i que ... ha d'obligar a la natura a respondre a les seves preguntes; i no et deixis guiar per ella, per dir el mateix, amb les regnes; perquè en cas contrari les nostres observacions, fetes a l'atzar i sense un disseny predeterminat, no donarien lloc a una llei necessària."

(Kant, Prefaci a la crítica de la raó pura [1787], Laterza, Roma-Bari 2000)

Immanuel Kant

A finals del segle XVIII la contribució de Kant va ser fonamental(1724-1804):com ja per aristòtil i tomàs (encara que de diferents maneres), fins i tot segons Kant el nostre coneixement no deriva de l'experiència, però és a priori. Kant va criticar David Hume,que va dir que l'objectivitat de les lleis científiques (particularment causa-efecte)no era vàlida perquè es derivaria d'un instint subjectiu d'hàbit. Kant va operar una mena de revolució copernicana, afirmant que la nostra raó juga un paper fortament actiu en el mètode cognitiu; propostes científiques que puguin ampliar el nostre coneixement sobre el món, de fet, no es limiten a transiir passivament les dades, sinó que són de naturalesa crítica i deductiva. Els va anomenar judicis sintètics a priori: sintètic perquè unifiquen i sintètics la multiplicitat de percepcions derivades dels sentits; a priori perquè no depenen d'ells. En la deducció transcendental Kant va demostrar que en el nostre intel·lecte només hi ha categories que s'activen quan reben informació per ser processada (és a dir, són transcendentals),i justifiquen el caràcter d'universalitat, necessitati objectivitat que donem a la ciència; viceversa, sense aquestes característiques, un no té coneixement real. Kant pot tornar a entrar en el corrent filosòfic del realisme, jaque va postular una clara separació entre un conegut i un objecte (o noumeno),encara que aquesta distinció era sovint un munt de malentesos.

El 1866, ambla publicacióde la Introducció à l'étude de la médecine expérimentale,Claude Bernard va intentar adoptar un mètode, anomenat experimental, enel camp de la medicina. L'aparició de les ciències humanes i socials des de finals de la dècada de 1800 fins a la dècada de 1900 ha posat en qüestió aquest model únic del mètode científic.

La confiança en el caràcter de la certesa de la ciència, que va ser el propòsit cartesià fet precisament al segle XIX pel

positivisme,especialment per Comte,[19] anirà disminuint gradualment, especialment després de l'obra de Popper per a la qual la ciència sempre és conjectural i només pot estar segura del fals.

Einstein[edició edició wikitext]

Antoni Gaudí i Cornet

Diagrama de la curvatura de la llum (a causa de l'efecte gravitacional) predit per la teoria d'Einstein,la validesa de la qual va ser corroborada per primera vegada durant l'eclipsi de 1919

A principis del segle XX, Einstein (1879-1955)va revolucionar el mètode científic amb un enfocament que va sorprendre els contemporanis: va formular la relativitat general a partir d'experiments o observacions empíriques, sinó a partir del raonament matemàtic i l'anàlisi racional duta a terme a la taula. Els científics eren inicialment escèptics, però les prediccions fetes per la teoria no van ser desmentitades per les mesures d'Arthur Eddington durant uneclipsi solar el 1919,que va confirmar que la llum que emana d'una estrella va ser desviada per la gravetat del Sol quan va passar prop d'ella. Einstein va dir:

«Max Planck no entenia res de la física perquè durant l'eclipsi de 1919, es va quedar tota la nit per veure si s'havia confirmat la curvatura de la llum a causa del camp gravitacional. Si realment entenia la teoria, ho hauria fet com ho vaig fer i se'n va anar al llit."

(Arxiu Einstein 14-459)

La relativitat general va ser recolzada més tard per aplicacions matemàtiques que van introduir moltes implicacions en el camp de la física, però especialment enl'astronomia. Com que la teoria és revolucionària, ha estat sotmesa a nombrosos experiments i controls.

El mateix criteri s'ha adoptat repetidament en el descobriment de partícules teòricament predites i posteriorment no desmentit per diversos experiments científics.

Popper[edició edició wikitext]
Seguint les teories i l'enfocament d'Einstein, en un intent de definir un mètode científic vàlid també en el camp de les ciències humanes, els filòsofs van buscar un nou raonament i una contribució important va venir de Karl Popper (1902-1994) i la seva publicació Logic of Scientific Discovery. En referència a Kant,Popper va rebutjar l'enfocament

inductiu del positivisme lògic,afirmant que un mètode científic, per ser tal, ha de ser estrictament deductiu,i va reiterar que el coneixement és un procés essencialmentcrític.

Adherint-se al corrent del realisme,Popper va donar la benvinguda des de la tradició aristotèlic-Tomist l'ideal de la veritat com una coincidència amb els fets. La veritat,segons Popper, és una, objectiva i absoluta; [20] i sempre hi ha una proposta que la pot descriure. [21] No obstant això, va distingir entre la possibilitat objectiva d'aterrar allà (que també pot passar per accident), i la consciència subjectiva de posseir-lo, que mai és el cas. Mai podem estar segurs que estem en veritat, però només per error. L'ideal de correspondència amb els fets, però, és un ideal regulador que sempre ha de guiar el científic, a través de l'instrument de lògica formal: per exemple, dues proposicions contradictòries no poden ser certes.

Més enllà de Popper[Edició) edició wikitext]
La crítica, en general, de la idea que el progrés científic realment es desenvolupa d'acord amb un mètode científic van ser proposats per Thomas Kuhn, quecreu que el progrés científic no és lineal i es caracteritza per la imposició de nous paradigmes successius que constitueixen una veritable revolució científica. i; Altres crítiques van ser fetes per Imre Lakatos,que per cert havia estat alumne de Popper. Lakatos, però, creia en la ciència i el progrés científic. A nivell de la investigació de la unificació i la interdiscipibilitat entre les diferents branques de la física, una àrea clau està vinculada a l'enquesta d'anàlisi dimensional i al sistema internacional de mides.

Les crítiques més radicals del mètode científic des del punt de vista epistemològic es deuen a Paul Feyerabend en el seu Contra el Mètode, i en altres treballs posteriors. Feyerabend sosté que la ciència no podria haver desenvolupat si els científics haguessin aplicat realment el mètode tal com van concebre la majoria dels filòsofs de la ciència, i porta alguns exemples de científics que han donat suport a unateoriacontra l'evidència de dades experimentals .

Bertrand Russell en el seu llibre The Impulse of Science on Society,aborda el tema del desenvolupament que la tecnologia científica pot tenir en el futur, i en particular els perills de la instrumentalització amb finalitats personals que aquesta ciència podria tenir per part d'algú, per als propòsits de control.

El cicle cognitiu[Edició] edició wikitext]
El Cicle Cognitiu defineix el camí (recursiu) per arribar o consolidar el coneixement d'un tema concret. No hi ha un acord universal sobre què és aquest camí, perquè la seva definició també depèn del que generalment s'entén pel coneixement, i això constitueix un tema de discussió de filosofia. En aquest sentit, el debat entre deductivistes i inductors s'escalfa especialment. Ara estem tractant de revisar els dos mètodes, els mètodes inductius i els mètodes deductius.

El mètode inductiu[Modifica) edició wikitext]

El mètode inductiu

Limitant-se al camp de les ciències naturals, físiques i matemàtiques, el cicle cognitiu inductiu o d'inducció descriu el camí que es triga a arribar a la redacció d'una llei científica a partir de l'observació d'un fenomen. Consta dels següents passos, repetits cíclicament:

Observació;
Experiment;
Correlació entre mesures;
Definició d'un model físic;
Processament d'un model matemàtic;
Formalització de la teoria.

Observació[edició) edició wikitext]

L'observació és el punt de partida (i arribada) del cicle d'adquisició de coneixement en el sentit que és l'estímul per a la recerca d'una llei que regeix el fenomen observat i també la verificació que la llei trobada és en realitat sempre respectada. Es tracta d'identificar les característiques del fenomen observat fent les mesures adequades, amb mètodes exactament reproduïbles. En física, de fet, aquesta paraula s'utilitza sovint com un sinònim de mesura.

Experiment[modifica) edició wikitext]
L'experiment,si és possible, està programat per l'observador que interromp el sistema i mesura les respostes a les pertorbacions. Hi ha tècniques de programació experimental, que permeten estar en les millors condicions per interrompre d'una manera mínima però significativa, per tal d'observar les respostes de la millor manera.

Correlació entre mesures[canvi) edició wikitext]
L'anàlisi de la correlació entre les mesures, que es troba en el cicle immediatament després de la fase d'observació, és la part inicial del patrimoni tècnic i científic que es pot utilitzar per a la construcció del model. Les dades en brut, que normalment consisteixen en taules de mesura, es poden manipular de diverses maneres, des de la construcció d'un graf fins a la transformació logarítmica, des del càlcul de la mitjana fins a la interpolació entre els punts experimentals, utilitzant els mètodes d'estadística descriptiva.

Cal prestar atenció a l'hora d'escollir el tipus de funció que correlaciona les dades perquè, citant Rescigno[23], les modulacions de les dades canvien el contingut de la informació. De fet, si les manipulacions ressalten part de la informació continguda en les dades, poden eliminar-les d'altres. Per tant, el contingut de la informació pot arribar a ser inferior a les dades originals.

Plantilla física[Edita) edició wikitext]
Per facilitar la tasca d'escriure la llei que expressa la tendència d'un determinat fenomen, es construeix mentalment un model físic, amb elements el funcionament dels quals es coneix, i que se suposa que representen el comportament global del fenomen estudiat.

Cal assenyalar que sovint el mateix fenomen es pot descriure amb models físics, i per tant també amb diferents models matemàtics. Per exemple, els gasos es poden considerar com a fluids compressibles o com un conjunt de molècules. Les molècules es poden pensar com a puntuals o tenen una estructura; interactuant o no interactuant: tots els models diferents. No obstant això, la llum es pot considerar un fenomen ondulatori o un corrent de partícules, i així successivament.

L'empirisme radical sosté que no és possible avançar més enllà del coneixement contingut en les dades crues i, per tant, rebutja el fet que el coneixement inductiu,sobre el qual es basen les lleis empíriques i els models, constitueix nous coneixements. Per contra, la posició realista és molt més flexible i també permet parlar de conceptes no directament observables, com la força de l'atracció gravitacional o el camp electromagnètic,el coneixement del qual és possible adaptant models adequats a l'observació dels efectes d'aquestes entitats i utilitzant a fons les possibilitats d'inducció.

Model matemàtic[Edició] edició wikitext]

El mateix tema en detall: Procés teòric de construcció.

El model matemàtic està en el nivell més alt d'abstracció en el cicle cognitiu: la part del cicle que s'ocupa dels models és el domini de les ciències teòriques.

En general, un model matemàtic consta de múltiples elements concatenats, cadascun dels quals és descrit per unaequació i caracteritzat pels paràmetres que introdueixen aquesta equació.

El model ha de ser validat amb una fase de verificació a través d'un nombre adequat de dades experimentals. Es diu que és identificable precisament si és possible determinar tots els paràmetres de les equacions que el descriuen.

Un cop completat el cicle cognitiu es pot començar a preparar una teoria que inclogui el fenomen observat. L'estudi sistemàtic de la teoria pot posar de manifest noves observacions possibles i predir el resultat de les mesures

corresponents. Si el resultat és positiu es confirma la teoria, si és negatiu s'ha d'iniciar un nou cicle inductiu.

El mètode deductiu[modifica) edició wikitext]

Exemple d'un mètode deductiu: no és l'observació la que estimula la ciència, sinó l'aparició de problemes i l'intent constant d'eliminar errors. [24] [24]

El filòsof i lògic anglès Bertrand Russell (1872-1970) vaplantejar un problema important pel que fa al que es considerava, des dels temps de Bacone, lamanera de fer ciència: el mètoded'inducció. Segons aquesta metodologia, la ciència es basaria en la recopilació d'observacions sobre un determinat fenomen X, a partir del qual dibuixar una llei general que permeti una futura manifestació de X. El que Russell va observar, amb humor anglès clàssic, és que fins i tot el gall dindi americà, que l'agricultor alimenta regularment cada dia, pot arribar a predir que demà també s'alimentarà ... però "demà" és Acció de Gràcies i l'únic que menjarà serà el criador (a costa del gall dindi)! Aquesta va ser la famosa objecció del gall dindi inductista.

Dit amb èxit, la inducció no té consistència lògica perquè una llei universal no es pot formular sobre la base de casos individuals; per exemple, l'observació d'un o més cignes de color blanc no autoritza a dir que tots els cignes són blancs; també hi ha cignes negres.

Un problema similar va ser plantejat per l'esmentat Karl Raimund Popper, que va observar que en ciència no n'hi ha prou amb "observar": també s'ha de saber què observar. L'observació mai és neutra, però sempre està impregnada de teoria, d'aquesta teoria que, precisament, li agradaria posar a prova. Segons Popper, la teoria sempre precedeix l'observació: fins i tot en qualsevol enfocament suposadament "empíric", la ment humana inconscientment tendeix a superposar els seus patrons mentals, amb les seves pròpies categoritzacions, a la realitat observada.

La política de falsificació popperiana[Canvi) edició wikitext]
Karl Popper llavors va desenvolupar una definició d'un mètode científic deductiu basat en els criteris de falsificació,en lloc del mètode inductiu de la verificabilitat. Els experiments empírics mai no poden, per a Popper, "verificar" una teoria,sinó que la poden rebutjar. El fet que s'hagi produït una predicció feta per una hipòtesi no vol dir que sempre es produeixi. Perquèla inducció sigui vàlida, és a dir, requeriria innombrables casos empírics per confirmar-ho; atès que això és objectivament impossible, cada teoria científica només pot romandre en l'estat de la conjectura.

Si, no obstant això, aquesta hipòtesi resisteix els intents de refusar-la deduïdament a través d'experiments, podem (encara que provisionalment) considerar-la més vàlida que una altra que, d'altra banda, no s'ha aturat a la prova dels fets. L'experimentació, per tant, juga un paper important però nomésnegatiu; mai no pot donar certeses positives, és a dir, no serà capaç de revelar si una tesi és certa, només es pot dir si és falsa.

I ja que el que anomenem "observació" ja és de fet una mena de "prejudici", segons Popper, la formulació d'una teoria científica no necessàriament deriva de l'observació o descripció d'un fenomen determinat, ja que no hi ha cap vincle causal entre la percepció sensorial i les idees de la raó. La gènesi d'una teoria no importa: sorgeix de les nostres intuïcions,i també pot tenir lloc en un somni. [25] Si bé l'observació, que continua sent fonamental, en si mateixa no ofereix ni ofereix ni construeix teories: ha de tenir lloc en un moment posterior a la formulació, i no serveix per confirmar sinó per enderrocar.

Per al mètode popperià, per tant, el que importa d'una teoria científica no és la seva gènesi subjectiva, sinó el fet que s'expressi de manera crítica i falsificable a nivell objectiu.

El criteri de falsificació va ser suggerit a Popper per l'audàcia de la teoria de la relativitat d'Albert Einstein, que es va desenvolupar únicament sobre la base d'experiments mentals i càlculs realitzats a la taula (o com ell mateix va dir per "joc inventiu pur"), amb el qualel geni alemany es va atrevir a desafiar les teories preexistents, i fins i tot l'evidència del sentit comú. [27] Popper va induir que una teoria és encara més científica, almenys tem la falsificació, sinó que accepta enfrontar-s'hi. Com més fàcilment falsificada una teoria sembla a primera vista, més revela la seva força i coherència si

s'aixeca a la prova dels fets.

Normes per aplicar el mètode deductiu a l'observació de fenòmens naturals[modificació edició wikitext]
La preocupació metodològica científica és respectar un conjunt de normes imposades pel pensament lògic per tal de salvaguardar la realitat i l'objectivitat dels fenòmens estudiats.

Les ciències naturals, també anomenades ciències empíriques pel seu caràcter experimental, són una forma de coneixement basada en dos elements fonamentals, l'objecte d'estudi i el mètode emprat.

Aquest coneixement és un coneixement empíric, és a dir, basat en l'experiència, descriptiu i explicatiu, d'observacions individuals i limitades que es poden repetir i generalitzar.

L'objecte d'estudi de la ciència és la realitat sensible, és a dir, el món que ens envolta en els seus diferents aspectes i el que fa que la introducció d'una institució en el discurs científic sigui admissible, és a dir,registrar per instruments de diverses itats l'existència d'un objecte o fenomen determinat i descriure'ls.

El mètode experimental, també anomenat Galilean o hipotètic-deductiu, és un procediment cognitiu articulat en diverses proposicions, anomenat raonament experimental. Es basa en la idea que la teoria es construeix al principi, no al final.

Per tal de fer observacions científiques que siguin objectivitat, s'han d'aplicar les regles següents, específiques del mètode deductiu:

formular una hipòtesi;
expressar-ho per preveure determinades conseqüències o esdeveniments, deduïbles de la hipòtesi inicial;
observar si es produeix l'esdeveniment esperat;
si es produeix l'esdeveniment, la teoria no està confirmada, simplement no s'ha desprovat i només podem acceptar-la provisionalment.

Així que els fonaments de la ciència són aquelles observacions de fenòmens naturals que qualsevol pot repetir, d'aquí la preocupació d'una descripció dels fenòmens i conclusions en termes seleccionats, rigorosos i únics, perquè tothom pugui comunicar exactament el que pensa.

Exemples de metodologia científica són:

experiments duts a terme per físics en diverses èpoques, per demostrar la naturalesa electromagnètica i corpuscular de la llum;
Procediments de Louis Pasteur per demostrar la teoria dels gèrmens en l'etiologia de certes malalties infeccioses.

Notes[modifica) edició wikitext]

^ Salta a:Un B Per a una bibliografia explicant per què Galilei és considerat el pare del mètode científic veure: Galileo Galilei i el mètode científic Arxivat el 3 de març de 2013 a l'Arxiu d'Internet. Vegeu també Galileo Galilei Arxivat el 28 d'octubre de 2008 a l'Arxiu d'Internet.: "Galileu va establir les bases del mètode científic modern. La importància fonamental que té la figura de Galilei es refereix al seu paper en la recuperació del mètode científic desenvolupat en èpoques hel·lenístiques que més tard van ser gairebé oblidades gràcies al seu acurat estudi d'alguns treballs científics, en particular els d'Arquimedes" (editat per Anna Giordano).
^ Com serà clar en el següent, això no vol ser la definició d'un concepte que s'ha discutit durant molt de temps i que encara s'està discutint; per tant, aquests adjectius s'han d'entendre en el seu sentit comú i no en el possible sentit tècnic que puguin haver adquirit. En particular, el criteri de verificabilitat no és acceptat per tots els filòsofs de la ciència: segons Popper,per exemple, el fet de considerar una teoria verificada és una expressió de fonamentalisme ideològic.El coneixement científic en el sentit poperià és només un que pot ser falsificat per la realitat, no verificat (vegeu el paràgraf sobre la falsificació de Popperia).
^ Salta a:Un B Alan Cromer, Física per a les Ciències de la Vida 3, McGraw-Hill, 1977.
^ Maria José T. Molina, El Mètode Científic Global,p. 33, Molwick, 2013 ISBN 978-84-15-32861-2.
^ "Jo anomeno el problema de la demarcació per trobar un criteri que ens permeti distingir entre ciències empíriques d'una banda, i les matemàtiques, la lògica i els sistemes metafísics de l'altra" (Karl Popper, Lògica del Descobriment Científic).
^ William Whewell, per exemple, assenyala en la seva Història de la Ciència Inductiva que "inventiva, sagacitat, geni"

són importants en cada pas en el mètode científic. No només l'experiència, per tant, sinó també la imaginació seria essencial per fer ciència.
^ Contra el mètode,1975.
^ Popper, Lògica del Descobriment Científic (1959).
^ ?«La fixació de la creença» (1877).
^ Fred N. Kerlinger, Howard B. Lee, Fonaments d'Investigació conductual, Harcourt College Publishers.
^ Lee Smolin, No hi ha mètode científic, a bigthink.com. URL consultada el 8 de juny de 2017.
^ Reflexions dels experts en recerca, innovació i política científica (RISE) High Level Group (PDF),Comissió Europea,març de 2017. Url consultat el 19 de novembre de 2017 (arxivat de laurl original l'1 de desembre de 2017).
^ Vegeu Enciclopèdia Treccani a "Alfred Tarski".
^ Leonardo no va recollir orgànicament els seus escrits, que van ser dispersats després de la seva mort. Carlo Pedretti, Marco Cianchi, Leonardo, els codis, Giunti Editore, Florència 1995.
^ "Des d'un punt de vista metodològic, ell [Leonardo] pot ser considerat un precursor de Galileu, per la importància essencial atribuïda tant a l'experiència com a lesmatemàtiques" (Ludovico Geymonat, Història del pensament filosòfic i científic, vol. II, p. 56, Garzanti, 1977).
^ Ubaldo Nicola, Atles Il·lustrat de Filosofia,Giunti Editor, 1999, p. 296.
^ «... i calculo que, les orelles s'eliminen de les llengües i els nassos, les xifres segueixen sent bé els números i els moviments, però no ja les olors ni els sons, la sortida de l'animal viu no crec que hi hagi res més que noms, ja que en el moment en què aquest nom no és pessigolleig i titulació, va treure les aixelles i la pell al voltant del nas" (G. Galilei, El Salvador).
^ "La filosofia està escrita en aquest gran llibre, que s'obre constantment davant dels nostres ulls (dic l'univers), però no es pot entendre a menys que primer aprengui a entendre el llenguatge i conèixer els personatges o el que està escrit. Està escrit en llenguatge matemàtic, i els personatges són triangles, cercles i altres figures geomètriques, sense que això signifiqui que sigui impossible entendre humanament la paraula" (G. Galilei, El Salvador, Cap. VI).
^ A. Comte, Curs de Filosofia Positiva, UTET, 1979
^

"Anomenem una afirmació "certa" si coincideix amb els fets o correspon als fets o si les coses són com l'afirmació els presenta; i l'anomenat concepte absolut o objectiu de la veritat, que cadascú de nosaltres utilitza contínuament. Un dels èxits més importants de la lògica moderna és haver rehabilitat amb èxit aquest concepte absolut de veritat. [...] M'agradaria assenyalar en la rehabilitació del concepte de veritat pel lògic i matemàtic Alfred Tarski el resultat filosòficament important de la lògica matemàtica moderna".

(Popper, Sobre la lògica de les ciències socials,a AA.VV., Dialèctica i Positivisme en Sociologia,Einaudi, Torí 1972)

^ Popper va comparar la veritat amb el cim d'una muntanya: el científic pot ser capaç d'aterrar allà, fins i tot si no està segur:

"L'estat de la veritat entès objectivament, com una coincidència amb els fets, amb el seu paper com a principi normatiu, es pot comparar amb el d'un pic muntanyós, normalment envoltat de núvols. Un escalador pot no només tenir dificultats per arribar-hi, sinó que tampoc se n'adona quan arriba, ja que pot no ser capaç de distingir entre el pic principal i un pic secundari en els núvols. Això, però, no qüestiona l'existència objectiva de la cimera; i si l'escalador diu "dubto que he arribat al veritable pic", reconeix implícitament l'existència objectiva d'això".

(Popper, Conjectura i Rebuttacions, El Molí, Bolonya 1972, p. 338)

^ Paul Feyerabend, contra el mètode. Esbós d'una teoria anàrquica del coneixement,4ª ed., Milà, Feltrinelli, octubre de 1981.
^ Vegeu: A. Rescigno i J.S. Beck, L'ús i l'abús de models; Revista de Farmacocinètica i Biofilmacèutica, Vol. 15, pàg. 327-340 (1987)
^ Lliçó de Popper: Aprendre del nostre tanc d'error Filed 29 desembre 2011 a l'Arxiu d'Internet. . .article de V. Garofalo.
^ "Igual que els grans poetes, la gran ciència i els grans científics sovint s'inspiren en idees no racionals. I el mateix es pot dir dels grans matemàtics. Com van assenyalar Poincarè i Hadamard, és possible descobrir una prova matemàtica a través d'intents inconscients, guiats per una inspiració de caràcter decididament estètic, en lloc d'una idea racional. [...] És irrellevant com s'arriba als resultats, sobretot si és bo: pots fer-ho somiant, bevent cafè fort, o fins i tot recorrent a una epistemologia equivocada" (Karl Popper, El mite del marc. Defensa de la racionalitat i la ciència,The Mill, 1994).
^ Rita Levi Montalcini, Tenir el coratge de conèixer, Cap. 15, Ciència i Art: un únic procés cognitiu, Corriere della Sera, 2013.
^ "Einstein va recolzar així, amb la seva modèstia habitual i autoritat formidable, la teoria que el descobriment no és el resultat d'una recopilació de pacients i el processament de la informació, sinó el fruit de la intuïció" (Rita Levi Montalcini, L'asa la màniga en tatters , gorra 5, Milà, Baldini & Castoldi, 1998).

Bibliografia[edició edició wikitext]

Paolo Rossi Monti, Aspectes de la Revolució Científica, Nàpols, A. Morano, 1971.
Paolo Rossi Monti, La Revolució Científica: de Copèrnic a Newton,Torí, Loescher, 1973.
Paolo Rossi Monti, La ciència i filosofia dels moderns: Aspectes de la Revolució Científica,Torí, Bollati Boringhieri, 1989.
Giorgio De Santillana, Els orígens del pensament científic: d'Anaximander a Proclus, del 600 aC al 300 dC,Londres, Weidenfeld & Nicolson, 1961, (trad. en. Els orígens del pensament científic: d'Anassimandro a Proclo, 600 aC - 500 dC,Florència, Sansoni, 1966).
Enrico Bellone, Caos i Harmonia. Història de la física,Torí, UTET, 2007, ISBN 88-02-07773-8.
Cristina Bicchieri, Raons per creure, Raons per fer. Convencions i restriccions en el mètode científic,Milà, Feltrinelli, 1988, ISBN 88-07-10100-9.
Paul K. Feyerabend, Diàleg sobre el Mètode,Roma-Bari, Laterza Publishers, 1993.
Paul K. Feyerabend, Contra el mètode: Esbós d'una teoria anarquista del coneixement,Milà, G. Feltrinelli Editor, 1979, ISBN 88-07-10027-4.
Galileo Galilei, Diàleg sobre els dos sistemes més grans del món,Milà, BUR Rizzoli, 2008.
Donald Gillies, Intel·ligència Artificial i Mètode Científic, Milà, Raphael Cortina Editor, 1998, ISBN 88-7078-481-9.
Friedrich A. von Hayek, L'abús de la raó, Soveria Mannelli (CZ), Editor Rubbettino, 2008, ISBN 88-498-1801-7.
Thomas Kuhn, L'estructura de les revolucions científiques, Torí, editor Giulio Einaudi, 1979.
Imre Lakatos, La Metodologia en Programes d'Investigació Científica,Milà, L'Assagista, 1996, ISBN 88-428-0335-9.
Federico Laudisa, Albert Einstein. Un atles filosòfic,Milà, Bompiani, 2010.
André Pichot, El naixement de la ciència. Mesopotàmia, Egipte, Antiga Grècia,Bari, Dedalo Edicions, 1993, ISBN 88-220-0534-1.
Karl Popper, Lògica del Descobriment Científic, Torí, Editor Giulio Einaudi, 1970.
Karl Popper, Conjectura i Rebuttations, Bolonya, Editorial Il Mulino, 1972.
Claudio Ronchi, L'arbre del coneixement. Llums i ombres de laciència , Milà, Editorial Jaca Book, 2010.
Alessandro Stasolla, Popper i el radiòleg. Mètode científic i fallibilitat del metge,Soveria Mannelli (CZ), Rubettino Publisher, 2009, ISBN 88-498-2332-0.
Geoffrey Stokes, Popper,editat per Marco Bresadola, Bolonya, Editorial Il Mulino, 2002, ISBN 88-15-08471-1.

Entrades relacionades[Edita] edició wikitext]

Anàlisi dimensional
Informe de cas
Comunitat científica
Mida mesurable
Epistemologia
Experiment

Per falsificació
Filosofia de la ciència
Observable
Revisió d'experts
Positivisme
Heurística
Problema de la demarcació
Procés teòric de construcció
Navalla d'Occam
Recerca científica
Repetibilitat
Reproductibilitat
Escepticisme metodològic
Escepticisme científic
Ciència
Cas d'estudi
El verificationisme

Altres projectes[Modifica) edició wikitext]

La Wikiquote conté cites sobre el mètode científic
Wikimedia Commons conté imatges o altres fitxers sobre el mètode científic

Enllaços externs[modifica) edició wikitext]

(EN) Anne Andersen i Brian Hepburn, Mètode Científic,a Edward N. Zalta (editat per), Stanford Encyclopedia of Philosophy,Center for the Study of Language and Information (CSLI), Stanford University.
Entrevista de Karl Popper sobre el mètode hipotètic-deductiu: la teoriadel far, a emsf.rai.it. URL consultat el 26 d'agost de 2011 (arxivat de laurl original l'11 d'octubre de 2011).
Entendre la ciència: Com funciona realment laciència, undsci.berkeley.edu. . .Universitat de Berkeley