

I metodi della nuova scienza: Galileo e Bacone

La nascita della scienza moderna viene abitualmente identificata con le figure filosofiche di Francis Bacon (italianizzato in "Bacone") e Galileo. Lo scienziato pisano e il filosofo inglese, l'uno con le sue osservazioni astronomiche e con le sue indagini matematiche sul movimento dei corpi, l'altro con i suoi ambiziosi schemi di ricerca scientifica, aprirono la strada ad un nuovo modo di studiare comprendere la natura ed elaborarono, sia pure in maniera e misura diversa, alcuni tratti essenziali di quello che viene generalmente indicato come "metodo scientifico". Tale metodo è, più precisamente, quel "nuovo metodo di filosofare" che venne sistematicamente impiegato da Newton nei suoi *Principia mathematica philosophia naturalis* (1687) e nella sua *Opticks* (1704).

Scriverà Newton: «Come nella matematica, così anche nella filosofia naturale l'indagine di cose difficili col metodo dell'analisi deve sempre precedere il metodo della composizione. Questa analisi consiste nel fare esperimenti ed osservazioni, e nel trarre da essi conclusioni generali mediante l'induzione, non ammettendo altre obiezioni contro le conclusioni se non quelle ricavate da esperimenti o da altre verità certe. Infatti nella filosofia sperimentale non si devono prendere in considerazione ipotesi. E sebbene l'argomentare a partire da esperimenti e osservazioni mediante l'induzione non è una vera e propria dimostrazione delle conclusioni generali, tuttavia è il miglior modo di argomentare ammesso dalla natura delle cose, e può essere considerato tanto più forte, quanto più generale è l'induzione. E se i fenomeni non presentano nessuna eccezione, la conclusione può essere affermata come generalmente valida. Ma se successivamente in qualsiasi momento gli esperimenti dovessero presentare qualche eccezione, tale conclusione può allora cominciare ad essere affermata come valida con siffatte eccezioni. Mediante questa analisi possiamo procedere dai composti ai loro ingredienti, e dai movimenti alle forze che li producono; e in generale, dagli effetti alle loro cause, e dalle cause particolari a quelle più generali, fino a che l'argomentazione termina nella causa più generale. Questo è il metodo dell'analisi. La sintesi consiste nell'assumere come principii le cause scoperte e stabilite, e nello spiegare con esse i fenomeni che ne derivano, e nel provare le "spiegazioni".

È da notare che Newton prescrive qui un unico procedimento formato da due metodi che vanno usati entrambi, ma l'uno dei quali (quello analitico) deve essere praticato prima dell'altro (quello sintetico). Inoltre, sebbene egli descriva questi due metodi con termini usati in matematica per metodi analoghi, nella filosofia naturale col termine '*analisi*' intende riferirsi al fare osservazioni o all'eseguire esperimenti, e al derivare conclusioni da essi mediante l'induzione. Gli esperimenti fanno parte delle verità certe, tuttavia le induzioni basate su di essi non '*dimostrano*' le conclusioni tratte; ciò nonostante, questo è "il miglior modo di argomentare ammesso dalla natura delle cose".

Per valutare i rispettivi contributi di Galileo e di Bacone alla elaborazione del metodo della scienza moderna è opportuno considerare retrospettivamente le idee di scienza e di metodo scientifico che essi ereditarono dalla tradizione classica e medioevale e che costituirono il costante punto di riferimento delle loro indagini rinnovatrici.

La tradizione classica e medioevale delle idee di scienza e di metodo scientifico

La più articolata ed influente teoria della conoscenza scientifica tramandata dall'antichità è quella presentata da Aristotele in vari trattati raccolti sotto il titolo generale *Organon* e in particolare in quello intitolato *Analitici Posteriori*. Per Aristotele le due principali forme di ragionamento o metodi di conoscenza sono la *deduzione* e l'*induzione*. Entrambe mirano alla comprensione di fatti, e raggiungono questo scopo attraverso la conoscenza delle *ragioni* di tali fatti. Il metodo deduttivo parte dalla conoscenza delle cause o dei principi, e ne dimostra rigorosamente le conseguenze. I filosofi scolastici chiamavano questa forma di ragionamento *demonstratio propter quid* (dimostrazione del perché di un fatto): in essa si procede partendo da ciò che viene prima nell'ordine della natura e arrivando a ciò che viene prima nell'ordine della nostra conoscenza, ossia a ciò che è direttamente accessibile alla nostra percezione. Il metodo induttivo procede nella direzione opposta: da ciò che è più immediatamente conoscibile ed evidente per noi a quelle cose che sono "più conoscibili per natura". Nella *Fisica* Aristotele afferma che questo secondo tipo di ragionamento è quello proprio della filosofia naturale, dove "dobbiamo seguire questo procedimento induttivo da ciò che è più oscuro per natura, ma più chiaro per noi, verso ciò che è più chiaro e più conoscibile per natura". Negli *Analitici Posteriori* la teoria aristotelica della conoscenza scientifica o dimostrativa viene fondata sulla tesi generale che ogni acquisizione di conoscenza mediante ragionamento parte da una conoscenza preesistente; e questo passaggio dalla conoscenza alla conoscenza viene descritto in tutte le sue articolazioni nel corso dell'intera trattazione degli *Analitici Posteriori*. Innanzi tutto Aristotele precisa che questa conoscenza originaria o preliminare è duplice: conoscenza di fatti e conoscenza del significato di parole. La prima viene illustrata con la conoscenza della *legge del terzo escluso* ("ogni predicato può essere affermato o negato di qualsiasi soggetto"), la seconda con la conoscenza del significato del termine "triangolo". Questi e altri esempi usati da Aristotele mostrano chiaramente che egli pensava alla matematica come conoscenza scientifica per eccellenza. Nel secondo capitolo del *Libro Primo* degli *Analitici Posteriori* vengono descritte la natura della conoscenza scientifica e le condizioni della dimostrazione scientifica:

"Possediamo una conoscenza scientifica di una cosa, in contrapposizione al conoscerla in maniera accidentale, quando conosciamo la causa da cui dipende il fatto come la causa di quel fatto e di nessun altro fatto, e inoltre che il fatto non potrebbe essere diverso da quello che è [...]. Pertanto l'oggetto della conoscenza scientifica è qualcosa che non può essere diverso da quello che è [...]. Otteniamo tale conoscenza mediante la dimostrazione, che può essere definita come un sillogismo che produce conoscenza scientifica [...]. Le premesse della conoscenza scientifica ottenuta per dimostrazione devono essere vere, primarie, immediate, meglio note della conclusione e anteriori ad essa. E la conclusione deve essere ricollegata alle premesse nello stesso modo in cui l'effetto si ricollega alla causa [...]. Le premesse devono essere vere, perché ciò che non esiste non può essere conosciuto: ad esempio, non possiamo conoscere per via dimostrativa che la diagonale di un quadrato è commensurabile col lato. Le premesse devono essere primarie e indimostrabili; altrimenti richiederebbero una dimostrazione per essere conosciute, poiché avere una conoscenza non accidentale di cose dimostrabili significa precisamente avere una dimostrazione di esse. Le premesse devono essere le cause della conclusione, poiché possediamo una conoscenza scientifica di una cosa soltanto quando ne conosciamo le cause. Le premesse devono essere anteriori e meglio conosciute della conclusione. 'Anteriore' e 'meglio conosciuto' sono termini ambigui, giacché v'è differenza tra ciò che è anteriore e meglio conosciuto nell'ordine della natura delle cose, e ciò che è anteriore e meglio conosciuto per l'uomo. Gli oggetti più vicini ai sensi sono anteriori e meglio

conosciuti per l'uomo; gli oggetti anteriori e meglio conosciuti in senso assoluto sono remoti dai sensi. Le cause universali sono le più remote dai sensi, e le cause particolari sono le più vicine ai sensi".

Un'altra esposizione classica del metodo della conoscenza scientifica, e in particolare dei metodi analitico e sintetico usati nella matematica, è quella presentata da Pappo nelle *Collezioni Matematiche*. Questo testo, sconosciuto nel Medioevo, venne riscoperto nel Rinascimento e incontrò larga diffusione fra i matematici grazie alla traduzione latina di Federico Commandino, pubblicata alla fine del Cinquecento. Nell'analisi, sostiene Pappo, il matematico assume ciò che si cerca come se fosse vero, e mediante una serie di operazioni giunge a qualcosa che si sa essere vera. Nella sintesi, invece, segue un procedimento inverso: il geometra parte da ciò che è noto (assiomi, definizioni, teoremi precedentemente dimostrati) e mediante una serie di deduzioni giunge a ciò che si era proposto di dimostrare. Il metodo sintetico è, ovviamente, quello tipico delle dimostrazioni che si trovano nella geometria di Euclide. Ecco il passo di Pappo che, come vedremo, esercitò una profonda influenza anche su Galileo e sul suo metodo di argomentazione scientifica: "L'analisi (*resolutio*) è un metodo in cui si assume ciò che si cerca come se fosse concesso, e si procede attraverso le sue successive conseguenze fino a che si giunge a qualcosa che è concesso come risultato della sintesi (*compositio*). Nell'analisi, infatti, supponiamo che ciò che si cerca sia già dato, e indaghiamo da che cosa esso derivi, e ancora qual è l'antecedente di quest'ultimo, e così di seguito fino a che, procedendo così di passo in passo, ci imbattiamo in qualcosa che è già noto, o che è uno dei *principii primi*. Indichiamo questo metodo col termine 'analisi' (*resolutio*) poiché è come se fosse una soluzione a ritroso (*ex contrario facta solutio*). Nella sintesi (*compositio*), invece, invertendo il procedimento, supponiamo che sia già dato ciò che abbiamo raggiunto per ultimo nell'analisi e, disponendo nel loro ordine naturale come conseguenze quelli che prima erano antecedenti, e collegando tali conseguenze tra loro, giungiamo alla fine a costruire o comporre la cosa cercata. A questo metodo diamo il nome di 'sintesi' (*compositio*). Quanto all'analisi, ve ne sono di due tipi: l'uno diretto alla ricerca della verità, e detto teoretico (*contemplativum*); l'altro diretto alla indagine di ciò che ci siamo proposti di trovare, e detto problematico (*problematicum*). Nell'analisi di tipo teoretico assumiamo ciò che si cerca come se fosse esistente e vero, dopo di che passiamo attraverso le sue successive conseguenze, come se fossero vere e stabilite in virtù della nostra ipotesi, e arriviamo a qualcosa che viene ammesso: allora (1) se questo qualcosa che viene ammesso è vero, sarà vero anche ciò che si cerca, e la dimostrazione corrisponderà all'analisi in senso inverso; ma (2) se ci imbattiamo in qualcosa che è evidentemente falso, sarà falso anche ciò che si cerca. Nell'analisi di tipo problematico assumiamo ciò che viene proposto come se fosse noto, dopo di che passiamo attraverso le sue successive conseguenze, assumendole come vere, e giungiamo a qualcosa che viene ammesso: allora se (1) ciò che viene ammesso è possibile e fattibile, cioè ciò che i matematici chiamano dato, allora diventerà possibile anche ciò che era stato proposto originariamente, e anche la dimostrazione corrisponderà all'analisi in senso contrario; ma se (2) ci imbattiamo in qualcosa evidentemente impossibile, anche il problema sarà impossibile". I due metodi, analitico e sintetico, descritti da Pappo possono essere concepiti come le vie alternative da scegliere a seconda delle esigenze di una particolare indagine. Tuttavia l'interpretazione più verisimile e tradizionale è che il metodo risolutivo o analitico è quello usato nell'indagine e nella scoperta, e che ad esso fa seguito, nella dimostrazione formale, il metodo compositivo o sintetico. Riferimenti al metodo scientifico sono contenuti anche nell'*Ars parva* di Galeno, conosciuta attraverso una traduzione medioevale latina basata su una versione araba commentata da Haly Rodohan. Galeno dice che vi sono tre modi di insegnare o dimostrare l'arte della medicina: l'uno è mediante l'analisi, l'altro mediante la sintesi, e il terzo per mezzo della definizione. La medicina può essere insegnata analiticamente, partendo dai fatti osservati (ossia dall'anatomia o dalla patologia) e

salendo ai principi o alle cause della salute e della malattia. Oppure può essere presentata seguendo un procedimento inverso, partendo dai principi (ossia dalla teoria medica) e scendendo ai fatti osservati.

Non v'è nulla in Galeno che suggerisca che i due procedimenti vanno usati insieme, o che sono aspetti complementari di un unico metodo. Ma Haly nel suo commento identifica questi due metodi di insegnamento coi due metodi dimostrativi presentati da Aristotele negli Analitici Posteriori: quello che procede dalle cause agli effetti, e quello che dagli effetti risale alle cause. Il duplice procedimento, risolutivo o analitico e compositivo o sintetico, del metodo scientifico venne più volte discusso dai filosofi medioevali, e in particolare da Roberto Grossatesta. Come già Aristotele, anche Grossatesta identifica la conoscenza scientifica con la conoscenza delle cause delle cose, ossia con la conoscenza *propter quid*. Il procedimento proprio della scienza è quello che parte dagli oggetti particolari, noti a noi direttamente ma confusamente attraverso i sensi, e risale ai principi o alle cause, e poi mediante una catena deduttiva di ragionamenti mostra la dipendenza di quegli oggetti particolari dai principi o dalle cause. Il merito della metodologia di Grossatesta consiste nel riconoscere che il procedimento induttivo da solo non costituisce una dimostrazione, ma che è necessaria una verifica o falsificazione dei principi o delle cause raggiunti mediante l'analisi (*resolutio*): tale verifica o falsificazione viene ottenuta mediante un procedimento consistente nel dedurre le conseguenze delle cause o dei principi (*compositio*). I due procedimenti della *resolutio* e della *compositio* formano, insieme, un unico metodo; e nello studio della natura vanno usati congiuntamente. Le discussioni intorno al metodo suscitavano grande interesse nelle università dell'Italia settentrionale dalla fine del Quattrocento e per tutto il Cinquecento. I due filosofi che esercitarono la maggiore influenza furono Agostino Nifo (1473-1545) e Jacopo Zabarella (1533-1589). Entrambi, argomentando in maniera molto simile a Grossatesta, affermavano che l'oggetto della scienza è quello di scoprire le cause, il *propter quid*, dei fatti osservati. Per scoprire le cause si deve dapprima procedere *a posteriori*, inferendo le cause dagli effetti, ossia usando dapprima il metodo dell'analisi o *resolutio*; in un secondo momento si può usare il metodo dimostrativo della sintesi o *compositio* per sviluppare le conseguenze. Il duplice procedimento costituisce il metodo proprio della conoscenza scientifica.

Impiego del metodo analitico-sintetico della tradizione medioevale e rinascimentale da parte di Galileo.

Illustri storici della filosofia come Ernst Cassirer e J.H. Randall hanno richiamato l'attenzione sulla metodologia di Zabarella e sulla sua possibile influenza sul metodo scientifico di Galileo. Studiosi più recenti hanno sollevato dubbi circa questa interpretazione, sottolineando il fatto che l'interesse di Zabarella e di altri filosofi rinascimentali era rivolto al metodo in se stesso, e non alla sua applicazione alla scienza della natura. In Zabarella l'elemento empirico è molto debole. Se è vero che nell'analisi o *resolutio* procediamo da ciò che è meglio noto a ciò che è più remoto da noi, tuttavia le "esperienze" meglio note possono non essere osservazioni di fatti particolari, ma possono benissimo anche essere "idee chiare e distinte" risultanti dall'analisi di idee e di concetti. Inoltre nel duplice metodo di analisi e sintesi l'elemento realmente dimostrativo è fornito dalla sintesi, mentre il procedimento analitico o risolutivo è soltanto congetturale. In Galileo, invece, l'elemento empirico appare molto più importante.

L'espressione "sensate esperienze e certe dimostrazioni" ricorre in molti passi di Galileo e sembra suggerire l'idea di un duplice metodo risolutivo e compositivo, o analitico e

sintetico, simile a quello teorizzato da Grossatesta e da Zabarella. Ma come applica Galileo questo procedimento nelle sue specifiche indagini dirette alla conoscenza scientifica della natura?

La Terza Giornata dei *Discorsi intorno a due nuove scienze* ci dà una precisa illustrazione del metodo galileiano. Essa si apre con la famosa dichiarazione: "Diamo avvio a una nuovissima scienza intorno a un soggetto antichissimo. Nulla v'è, forse, in natura, di più antico del moto, e su di esso ci sono non pochi volumi, ne di piccola mole, scritti dai filosofi; tuttavia tra le sue proprietà ne trovo molte che, pur degne di essere conosciute, non sono mai state finora osservate, nonché dimostrate". Discutendo le proprietà del moto naturalmente accelerato, Galileo afferma che è sua intenzione "investigare e spiegare la definizione che corrisponde esattamente al moto accelerato di cui si serve la natura". E subito aggiunge: "Sebbene sia lecito immaginare arbitrariamente qualche forma di moto e contemplare le proprietà che ne conseguono [...] tuttavia, dal momento che la natura si serve di una certa forma di accelerazione nei gravi discendenti, abbiamo stabilito di studiarne le proprietà, posto che la definizione che daremo del nostro moto accelerato abbia a corrispondere con l'essenza del moto naturalmente accelerato. Questa corrispondenza crediamo di averla raggiunta finalmente, dopo lunghe riflessioni; soprattutto per il fatto che le proprietà, da noi successivamente dimostrate [*dalla nostra definizione*], sembrano esattamente corrispondere e coincidere con ciò che gli esperimenti naturali presentano ai sensi".

Sembra dunque che in un primo momento Galileo abbia osservato e forse approssimativamente determinato l'accelerazione dei gravi che cadono al fine di giungere alla sua definizione. Così una analisi, anche se approssimativa, dell'esperienza pare lo abbia condotto a scoprire la legge seguita dalla natura. Alla fine una conferma sperimentale completa la sintesi o fase compositiva del duplice metodo galileiano.

Questa interpretazione è suggerita anche da un passo del *Dialogo intorno ai due massimi sistemi del mondo*, che contiene, tra l'altro, un esplicito riferimento al metodo risolutivo:

"SIMPLICIO. Aristotile fece il principal suo fondamento sul discorso *a priori*, mostrando la necessità dell'inalterabilità del cielo per i suoi principii naturali, manifesti e chiari; e la medesima stabili doppo *a posteriori*, per il senso e per le tradizioni de gli antichi.

SALVIATI. Cotesto, che voi dite, è il metodo col quale egli ha scritta la sua dottrina, ma non credo già che sia quello col quale egli la investigò, perché io tengo per fermo che procurasse prima, per via de' sensi, dell'esperienze e delle osservazioni, di assicurarsi quanto fusse possibile della conclusione, e che doppo andasse ricercando i mezi da poterla dimostrare, perché così si fa per lo più nelle scienze dimostrative: e questo avviene perché, quando la conclusione è vera, servendosi del metodo risolutivo, agevolmente si incontra qualche proposizione già dimostrata, o si arriva a qualche principio per sé noto [...]. E non abbiate dubbio che Pitagora gran tempo avanti che e' ritrovasse la dimostrazione per la quale fece l'ecatombe, si era assicurato che 'l quadrato del lato opposto all'angolo retto nel triangolo rettangolo era eguale a i quadrati de gli altri due lati; e la certezza della conclusione aiuta non poco al ritrovamento della dimostrazione, intendendo sempre nelle scienze dimostrative".

Galileo sembra dire che metodi non rigorosi, esplorativi, basati su tentativi ed esperimenti, possono conferire un certo grado di probabilità alla conclusione. Questa conclusione, poi, può venire dimostrata, o perché (come nell'analisi matematica) conduce a qualcosa di già noto, o perché conduce a qualcosa che può essere verificato sperimentalmente. Galileo insiste sul metodo analitico o risolutivo come un procedimento che si avvicina molto ad una prova dimostrativa, anche se da solo non la raggiunge mai completamente. Il procedimento analitico viene presentato da Galileo come un metodo di scoperta, e nel caso particolare della filosofia naturale come l'unico metodo di scoperta; il procedimento sintetico completa il processo dimostrativo, ed è il metodo della dimostrazione finale e della presentazione formale di una teoria. In tal modo Galileo

trasformava la 'risoluzione e composizione' degli *Analitici Posteriori*, che era essenzialmente un metodo di classificazione mirante all'identificazione della natura comune o della causa comune di un insieme di fenomeni collegati tra loro, nel metodo 'analitico e sintetico' di Pappo mirante a risolvere i problemi mediante la dimostrazione matematica sul modello di Archimede. Nel descrivere quello che viene presentato come l'effettivo metodo d'indagine usato da Aristotele, Galileo segue molto da vicino la definizione del metodo analitico data da Pappo. Lo stesso riferimento alla scoperta del teorema pitagorico conferma l'interpretazione della strategia galileiana consistente nel reinterpretare esplicitamente il metodo aristotelico in modo da riformularlo nei termini caratteristici del metodo matematico.

Metodi diversi usati da Galileo in campi diversi come l'astronomia e la meccanica.

Galileo non ha mai tentato di presentare una esposizione sistematica delle sue idee concernenti il metodo proprio della conoscenza scientifica, ma ci ha lasciato solo brevi osservazioni e commenti dispersi fra i suoi numerosi scritti: questi passi frammentari sono spesso oscuri e talvolta contraddittori, ed hanno così offerto il pretesto per suggerire interpretazioni radicalmente diverse delle idee galileiane di metodo e di scienza. Una delle principali fonti di difficoltà nell'interpretare il pensiero di Galileo deriva dal fatto che i suoi scritti trattano principalmente di astronomia e di meccanica, e che nella maggior parte dei casi Galileo impiegava metodi diversi ed applicava criteri diversi nell'uno o nell'altro di questi due campi. In astronomia, ad esempio, mescolava rigorosi ragionamenti scientifici con dubbie argomentazioni miranti a persuadere il lettore della verità del sistema copernicano. In meccanica, invece, egli cercò persistentemente di presentare trattazioni matematiche rigorose. Gran parte dei fraintendimenti e travisamenti delle idee di Galileo deriva dal non tener conto di questa differenza.

La maggior parte delle discussioni delle idee galileiane di scienza e di metodo è basata principalmente sui suoi scritti astronomici, in particolare sul *Dialogo*, mentre scarsa attenzione viene solitamente riservata per il trattato matematico in latino sul moto accelerato e sul moto dei proiettili, inserito nei *Discorsi intorno a due nuove scienze*.

Nonostante molto sia stato scritto sull'importanza della matematica nel metodo galileiano, non si è sufficientemente messo in rilievo che il suo 'matematicismo' consiste essenzialmente nel tentativo di ridurre la scienza naturale al modello matematico dei Greci allo scopo di raggiungere la certezza logica della matematica. Ciò significava sostituire il tipo di argomentazioni della logica tradizionale coi ragionamenti usati dai matematici: per Galileo la maggiore certezza della matematica non derivava dalla contemplazione di oggetti ideali (come ritenevano i Platonici), ma dall'impiego di una più efficace e più precisa tecnica di ragionamento. Galileo cercò di seguire il metodo deduttivo dei matematici nello sviluppare un corpo di proposizioni rigorosamente derivate da principi veri ed evidenti, preferibilmente già noti e largamente accettati. In realtà, la principale difficoltà incontrata da Galileo nell'elaborazione della sua nuova scienza del moto derivava dal fatto che essa postulava nuovi principi non immediatamente evidenti. Lungi dall'usare il metodo moderno basato su ipotesi, deduzioni e verifiche sperimentali, Galileo non ammetteva che i principi della meccanica, una volta resi evidenti dal ragionamento e dall'esperienza immediata, potessero venire falsificati da conseguenze remote. Né riusciva a concepire l'idea che, qualora, in mancanza di principi immediatamente evidenti, si dovesse ricorrere a principi meno evidenti, questi potessero venire adeguatamente confermati attraverso la verifica sistematica delle loro ulteriori conseguenze. Tuttavia in astronomia Galileo, come molti altri prima e dopo di lui, poneva

l'accento sulla conferma empirica delle ipotesi congiunta alla falsificazione di tutte le altre possibili alternative. Questo metodo, però, non poteva produrre risultati così rigorosamente e assolutamente certi come quelli ottenuti impiegando il metodo matematico. Nella battaglia ingaggiata da Galileo per stabilire il sistema copernicano come quello realmente corrispondente alla "vera costituzione dell'universo", questa mancanza di certezza costituiva un serio svantaggio. Se nella scienza la certezza viene raggiunta soltanto quando si deducono vere conclusioni da principi certi ed evidenti, come stabiliva la teoria aristotelica della conoscenza scientifica, che Galileo ben conosceva e sottoscriveva, come era possibile rendere certa l'astronomia? È difficile stabilire se Galileo sia mai giunto a credere che in astronomia si potesse raggiungere la certezza matematica, ma questo era ciò che la Chiesa richiedeva prima di accettare il sistema copernicano. Galileo cercò di soddisfare questa esigenza di certezza nella misura del possibile. Dopo le sue scoperte fatte col telescopio egli insistette sempre di più sulla conoscenza certa di fatti osservabili, ma egli stesso riconosceva che questi fatti non costituivano verità essenziali, ma rappresentavano "accidenti particolari", ed era consapevole che una scienza che trattava di "accidenti" costituiva una forma inferiore di conoscenza, come ritenevano gli Aristotelici del suo tempo. Le maggiori difficoltà metodologiche di Galileo derivavano sia dalla sua adesione al metodo rigoroso dei matematici greci che dal peso e dall'influenza che esercitava anche su di lui la tradizionale concezione aristotelica della scienza. Nel *Dialogo* Galileo considera certi procedimenti non deduttivi che comportano inferenze dagli effetti alle cause come "poco inferiori a una dimostrazione matematica", e siffatti procedimenti gli permettono di fornire quella che egli considera una prova quasi conclusiva del movimento della terra.

Nei *Discorsi*, presentando la sua nuova scienza del moto uniformemente accelerato e del moto dei proiettili, Galileo insiste sull'esigenza di criteri strettamente matematici di dimostrazione e non ammette il ricorso ai metodi empirici considerati sufficienti in altri campi. Galileo stesso riteneva che il suo principale contributo alla meccanica consistesse non tanto nella scoperta e nello stabilimento di nuovi principi, quanto nella scoperta e nella dimostrazione di nuove conseguenze da principi noti ed accettati. Per lui l'aspetto più importante della nuova scienza del moto consisteva nella sua capacità di offrire "scoperte dimostrative" di nuove proposizioni.

Galileo e il modello aristotelico di conoscenza dimostrativa.

Fra gli scritti che Galileo non pubblicò mai v'è un trattato di logica, ancora inedito, formato da una serie di disputazioni intorno a questioni tradizionalmente dibattute dai commentatori antichi e medioevali degli *Analitici Posteriori* di Aristotele.

Il lavoro non presenta nulla di particolarmente originale, tuttavia è molto importante poiché rivela una profonda conoscenza da parte di Galileo della teoria aristotelica della scienza. Vengono discusse in dettaglio la natura dei principi, su cui si basa la conoscenza scientifica, e la struttura e le forme della dimostrazione scientifica.

Galileo sottoscrive i criteri aristotelici che stabiliscono i primi principi della conoscenza veramente dimostrativa: essi devono essere veri, primi e immediati nel senso di non essere essi stessi dimostrati a partire da principi anteriori, e inoltre devono essere correlati con le loro conclusioni allo stesso modo in cui la causa è correlata con l'effetto.

Galileo argomenta poi che soltanto proposizioni vere possono essere effettivamente conosciute, poiché si ha vera conoscenza delle cose soltanto attraverso le cause in virtù delle quali esse esistono. Le dimostrazioni di conclusioni vere da premesse false possono essere soltanto dimostrazioni *per accidens*, non *per se*; ossia non sono vere e proprie

dimostrazioni, ma argomentazioni che per caso presentano l'aspetto di dimostrazioni. Non è possibile avere una conoscenza effettiva di entità come il vuoto o l'infinito poiché ad esse non corrisponde nulla di reale. L'oggetto proprio della conoscenza vera è un essere reale, non semplicemente un'entità razionale. Galileo discute in dettaglio la concezione aristotelica secondo cui una dimostrazione veramente scientifica deve procedere da cause vere, sebbene queste debbano essere dapprima scoperte a partire dalla nostra conoscenza più immediata, ad esempio attraverso i sensi. Possiamo accettare come certa ed evidente la conoscenza ottenuta attraverso i sensi, ma raggiungiamo una conoscenza perfetta e soddisfacente soltanto quando conosciamo una conclusione derivante da premesse vere.

Galileo discute inoltre i tipi di dimostrazione tradizionalmente riconosciuti: *ostensiva*, *ad impossibile*, *quia*, *propter quid*, *potissima*. La dimostrazione *ad impossibile* non è una dimostrazione veramente scientifica poiché procede sollevando questioni a partire da false premesse allo scopo di trovare quelle vere. Le dimostrazioni veramente scientifiche possono essere ridotte a due tipi; la *demonstratio quia*, che dimostra l'esistenza di un effetto e, partendo da questo, dimostra *a posteriori* la sua causa; e la *demonstratio propter quid*, che dimostra la causa e da essa deduce l'esistenza dell'effetto. Galileo sostiene che la *demonstratio quia* è veramente scientifica poiché, come la *demonstratio propter quid*, procede da premesse vere e necessarie per giungere a conclusioni altrettanto vere e necessarie; in tal modo essa genera una conoscenza scientifica e non una opinione probabile. Che un attributo sia connesso con un soggetto, lo conosciamo per esperienza; che tale connessione sia naturalmente necessaria qualora si verifichi sempre, lo sappiamo per intuizione intellettuale o semplicemente a lume di ragione (*lumine intellectus*), poiché altrimenti la natura sarebbe stata imprevedibile; possiamo inoltre dimostrarlo mediante una vera e propria dimostrazione basata sulla considerazione di cause intrinseche, estrinseche o di altro genere. Questo sembra essere il significato originario dell'espressione "sensate esperienze e certe dimostrazioni" frequentemente usata da Galileo per designare argomentazioni dimostrative basate tanto sull'osservazione quanto sulla teoria. Le argomentazioni scientifiche, continua Galileo nelle sue disputazioni logiche, specialmente nelle scienze fisiche dove cominciamo non conoscendo le cause fisiche, seguono alternativamente un "regresso dimostrativo" in entrambe le direzioni, dall'effetto alla causa e viceversa. Nella matematica non v'è alcun bisogno di un tale "regresso" poiché le premesse sono altrettanto immediatamente note quanto le conclusioni.

Galileo aggiunge che tale "regresso dimostrativo" non costituisce un ragionamento circolare, poiché parte da un effetto che è meglio conosciuto della sua causa o ragione, e dimostra la causa o ragione di quell'effetto.

Parecchie delle disputazioni logiche riecheggiano espressioni e forme di argomentazione che si incontrano frequentemente nelle opere di Galileo più largamente conosciute. Nel trattato in latino *De motu gravium*, che viene tradizionalmente datato intorno al 1590 ma che probabilmente venne composto nelle sue diverse versioni lungo un arco considerevole di anni, Galileo spiega l'accelerazione dei gravi indagando la causa di tale effetto mediante il metodo risolutivo; più volte presenta dimostrazioni che "concludono necessariamente" poiché sono basate su "principii manifestissimi e certissimi, che non possono in alcun modo essere negati"; talvolta le sue dimostrazioni assumono la forma di una *reductio ad inconueniens*; studiando le cause della velocità e lentezza del moto naturale, Galileo ammette che tali cause non vengono conosciute per esperienza, ma come cause naturali sono in gran parte nascoste, e possono venire scoperte ragionando a partire dagli effetti che esse producono. Criticando la dimostrazione aristotelica dell'impossibilità del vuoto, Galileo sfoggia grande sottigliezza nell'uso della stessa metodologia aristotelica che gli era così familiare: la dimostrazione di Aristotele, osserva Galileo, concluderebbe ottimamente e necessariamente, se Aristotele avesse dimostrato le sue assunzioni, o se tali assunzioni fossero almeno vere; ma si è ingannato nell'assumere come assiomi noti cose che non solo non sono evidenti ai sensi, ma che non sono mai state dimostrate, e non sono neppure

dimostrabili, poiché sono false. Discutendo il problema del rapporto tra le velocità di un medesimo mobile lungo diversi piani inclinati, Galileo dichiara di averlo affrontato cercando di "risolvere la dimostrazione nei suoi principii" e di avere scoperto che tale dimostrazione dipende da "principii naturali noti e manifesti".

Nel trattato *Le Meccaniche* Galileo parla di "dimostrazioni vere e necessarie" e della "necessaria costituzione della natura", e dichiara che il metodo "che in tutte le scienze dimostrative è necessario di osservarsi" consiste nel "proporre le diffinizioni dei termini proprii di questa facultà, e le prime supposizioni, dalle quali, come da fecondissimi semi, pullulano e scaturiscono conseguentemente le cause e le vere dimostrazioni delle proprietà di tutti gl'instrumenti mecanici". Spiega poi come gran parte di questi strumenti dipenda da "un comunissimo e principalissimo principio", e aggiunge che "l'aver inteso con certa dimostrazione uno dei primi principii, dal quale, come da fecondissima fonte, derivano molti delli strumenti mecanici, sarà cagione di potere senza difficoltà alcuna venire in cognizione della natura di essi".

Nel *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua, o in quella si muovono* (1612), Galileo ricorre spesso, nello studiare la causa del galleggiamento, all'argomentazione: "Causa è quella, la quale posta, seguita l'effetto; e rimossa, si rimuove l'effetto". E allo scopo di "dichiarare qual sia la vera, intrinseca e total cagione dell'ascendere alcuni corpi solidi nell'acqua e in quella galleggiare, o del discendere a fondo", Galileo segue un "metodo" consistente nel "ridurre le cagioni di tali effetti a principii più intrinsechi e immediati, ne' quali anco si scorgano le cause di qualche accidente ammirando e quasi incredibile [...]. E perché così richiede la progressione dimostrativa, io definirò alcuni termini, e poi esplicherò alcune proposizioni, delle quali, come di cose vere e note, io possa servirmi a' miei propositi". E dopo avere "ritrovata la vera cagione del galleggiar di quei corpi, che per altro, come più gravi dell'acqua, dovrieno discendere in fondo", Galileo continua: "parmi che, per intera e distinta cognizion di questa materia, sia bene l'andar dimostrativamente scoprendo quei particolari accidenti che accaggiono intorno a cotali effetti". Aggiunge poi che "in conseguenza di questo che s'è dimostrato, molte e varie conclusioni si posson raccorre, dalle quali più e più sempre venga confermata la verità della mia principal proposizione".

La convinzione, radicata in Galileo, che il fenomeno delle maree fornisse una valida prova dei movimenti della terra, può forse essere spiegata col fatto che in tale prova Galileo riconosceva una dimostrazione veramente scientifica secondo i criteri aristotelici: tale causa doveva produrre tali effetti, e tali effetti dovevano implicare tale causa. Nel *Discorso del flusso e reflusso del mare* (1616), dedicato all' "investigazione della vera cagione del flusso e reflusso del mare", Galileo sottolinea il fatto che "la mente di quelli che desiderano d'internarsi nelle contemplanzioni della natura oltr'alla scorza" si quietava soltanto quando "la ragione prodotta per causa vera dell'effetto, facile ed apertamente satisfà a tutti i particolari sintomi ed accidenti che intorno ad esso effetto partitamente si scorgono". Appoggiandosi "sopra sensate esperienze" (scorte sicure nel vero filosofare), Galileo esamina distintamente le varie maniere in cui "vediamo potersi imprimere nell'acque alcun movimento locale" allo scopo di "veder se alcuna di esse può ragionevolmente assegnarsi per cagion primaria del flusso e reflusso del mare". Considerando una "maniera d'imprimere movimento nell'acqua mediante il moto del vaso continente" ed esaminando gli "accidenti" che "accaggiono in questa considerata cagione di movimenti", Galileo giunge a suggerire che "la ragione dei flussi e reflussi dell'acque marine potesse risiedere in qualche movimento dei vasi che le contengono, sì che, attribuendo qualche moto al globo terrestre, da quello potessero trarre origine i movimenti del mare".

Le argomentazioni, sviluppate da Galileo per confermare la spiegazione delle maree da lui suggerita, si basano sul seguente criterio metodologico: "Il qual principio [ossia l'attribuzione di qualche moto al globo terrestre], sì come non satisfacendo ai particolari

accidenti che sensatamente veggiamo nei flussi e reflussi, darebbe segno di non esser causa adeguata dell'effetto, così, satisfacendo al tutto, potrà darci indizio di esserne la propria cagione, o almeno molto più probabile che qualunque altra sino a questa età ne sia stata prodotta".

La questione della causa delle maree viene ripresa da Galileo nel *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (1632), dove cerca di dimostrare che "flusso e reflusso, e mobilità terrestre, scambievolmente si confermano" mostrando come tra i due fatti vi sia uno stretto rapporto di causa ed effetto. Galileo segue il criterio metodologico per cui "nelle questioni naturali [...] la cognizione degli effetti è quella che ci conduce all'investigazione e ritrovamento delle cause", e dopo avere esaminati "gli effetti ed accidenti [...] che ne i movimenti dell'acque si osservano", giunge alla conclusione che "quando il globo terrestre sia immobile, non si possa naturalmente fare il flusso e reflusso del mare; e che quando al medesimo globo si conferiscano i movimenti già assegnatili, è necessario che il mare soggiaccia al flusso e reflusso". Sviluppando l'idea aristotelica della reciprocità fra causa ed effetto, ed adattandola alla sua dimostrazione della mobilità della terra basata sull'analisi del fenomeno delle maree, Galileo argomenta: "Dico pertanto, che se è vero che di un effetto una sola sia la cagion primaria, e che tra la causa e l'effetto sia una ferma e costante connessione, necessaria cosa è che qualunque volta si vegga alterazione ferma e costante nell'effetto, ferma e costante alterazione sia nella causa: e perché le alterazioni che accaggiano a i flussi e reflussi in diverse parti dell'anno e del mese hanno lor periodi fermi e costanti, è forza dire che regolata alterazione ne i medesimi tempi accaggia nella cagion primaria de i flussi e reflussi [...].

Ma già si è concluso, la disegualità e difformità del moto de' vasi contenenti l'acqua esser causa primaria de i flussi e reflussi [...]. Ora convien che ci ricordiamo come la difformità, cioè la diversa velocità di moto de i vasi, cioè delle parti della superficie terrestre, dipende dal muoversi loro del movimento composto risultante dall'accoppiamento de i due moti annuo e diurno proprii dell'intero globo terrestre [...]; talché ne gli additamenti e sottrazioni che fa la vertigine diurna al moto annuo, consiste l'originaria cagione del moto difforme dei vasi, ed in conseguenza del flusso e reflusso".

La chiave di volta dell'intera argomentazione galileiana è costituita da una regola di inferenza dagli effetti alle cause che corrisponde grosso modo a quello che John Stuart Mill definì come il metodo delle variazioni concomitanti, un metodo che al tempo di Galileo venne formulato e popolarizzato da Francesco Bacone. Galileo impiega la geometria per dimostrare (in maniera erronea) variazioni di velocità delle parti del globo terrestre dipendenti dai moti diurno, mensile e annuale. Ma dalle sue ipotesi non deduce rigorosamente conclusioni verificabili mediante osservazioni. Galileo argomenta qualitativamente, piuttosto che quantitativamente, che i movimenti diurno, mensile e annuo del sistema terra-luna devono produrre esattamente gli incrementi e i decrementi richiesti dal metodo delle variazioni concomitanti. L'argomentazione non è strettamente matematica, ed è corroborata dalla pretesa di Galileo di avere eseguito un esperimento che mostra che le maree non potrebbero avere luogo su una terra stazionaria, eliminando così la maggior parte delle ipotesi alternative. Ma Sagredo ha la sensazione di essere stato condotto attraverso passi sicuri e semplici ad una conclusione sublime: "Voi, Signor Salviati, mi avete di grado in grado tanto soavemente guidato, che non senza meraviglia mi trovo giunto con minima fatica a quell'altezza dove io credeva non potersi arrivare [...] e come nel salire un grado non è fatica veruna, così ad una ad una delle vostre proposizioni mi son parse tanto chiare, che, sopraggiugnendomi poco o nulla di nuovo, piccolo o nulla mi sembrava essere il guadagno; onde tanto maggiormente si accresce in me la meraviglia per l'inopinata riuscita di questo discorso, che mi ha scorto all'Intelligenza di cosa ch'io stimava inesplicabile".

Un'argomentazione non-deduttiva viene così presentata da Galileo in termini che suggeriscono una dimostrazione rigorosamente deduttiva dove "poco o nulla di nuovo"

viene aggiunto a ciascun passo. Nel caso del moto della terra non v'è alcuna possibilità di diretta osservazione della causa. Nondimeno, secondo Sagredo, l'argomentazione di Salviati intesa a mostrare che le maree osservate non potrebbero mai avere luogo se i mari fossero stazionari, "par che non patisca replica alcuna". Galileo era convinto che nessun'altra ipotesi all'infuori del moto della terra potesse spiegare adeguatamente i fenomeni osservati. Sebbene le sue regole di inferenza dagli effetti alle cause dovessero essere integrate da osservazioni dirette o da altre argomentazioni, egli le considerava come regole molto potenti, quasi equivalenti al procedimento della deduzione matematica, o al ragionamento che procede passo passo da un'idea chiara, distinta e necessaria ad un'altra. Così Galileo sembra avvicinarsi alla concezione newtoniana di 'deduzioni' a partire dai fenomeni. Tuttavia Galileo non poteva, o non voleva, usare questo procedimento per costruire su solide basi il suo trattato matematico sul moto.

Il modello matematico di metodo scientifico e la sua influenza sulla trattazione galileiana della scienza del moto.

Nei *Discorsi intorno a due nuove scienze* (1638) Galileo assume esplicitamente il modello matematico di metodo scientifico: vere conclusioni devono essere derivate da principi veri ed evidenti; la verità dei principi deve essere mostrata nella maniera più diretta possibile; le deduzioni dai principi vanno considerate vere senza alcun ulteriore ricorso alla conferma sperimentale. Una delle due nuove scienze riguarda la resistenza dei materiali.

Salviati ci dice che il "nostro Accademico", ossia Galileo stesso, "sopra tal materia aveva fatte molte speculazioni, e tutte, conforme al suo solito, geometricamente dimostrate, in modo che, non senza ragione, questa sua potrebbe chiamarsi una nuova scienza". Salviati ammette che alcune delle conclusioni erano già state osservate da altri, e prima di tutti da Aristotele, ma aggiunge subito che le scoperte già fatte in questo campo "ne sono delle più belle, ne (quello che più importa) da i loro primari e indubitati fondamenti con necessarie dimostrazioni provate". Galileo, dunque, ritiene di avere per primo stabilito una nuova scienza che tratta della "resistenza dei corpi solidi all'essere spezzati", e che questa scienza consiste in dimostrazioni matematiche a partire da principi primi indubitabili.

Se la scienza della resistenza dei materiali non presenta problemi, e può essere soddisfacentemente sviluppata sulla base di principi noti ed evidenti, le cose vanno diversamente con la scienza del moto, che richiede principi nuovi e non bene conosciuti, e tutt'altro che evidenti, come quello che tutti i corpi, qualunque sia il loro peso, cadono con la stessa velocità.

La concezione di Galileo circa il da farsi per stabilire questo principio appare chiara dalle parole di Salviati: "Che la differenza di gravità ben che grandissima non abbia parte veruna nel diversificare le velocità de i mobili, sì che, per quanto da quella dipende, tutti si moverebbero con egual celerità, è tanto nuova e, nella prima apprensione, remota dal verisimile, che quando non si avesse modo di dilucidarla e renderla più chiara che 'l Sole, meglio sarebbe il tacerla che 'l pronunziarla; però, già che me la sono lasciata scappar di bocca, convien ch'io non lasci indietro esperienza o ragione che possa corroborarla". Queste parole sono esse stesse chiare come la luce del sole: i principi devono essere resi chiaramente evidenti attraverso l'esperienza e il ragionamento.

E infatti il principio della eguale velocità di caduta di tutti i corpi viene stabilito mediante diverse argomentazioni, compreso un esperimento più o meno diretto che mostra come i periodi di pendoli di eguale lunghezza siano quasi eguali anche con pendagli di diversa materia come sughero e piombo. Sagredo, lodando la spiegazione data da Salviati, aggiunge che essa "è, come in tutte le sue cose, lucidissima, e tale che, sciogliendo egli il più

delle volte questioni non solo in apparenza oscure, ma repugnanti alla natura ed al vero, con ragioni o osservazioni o esperienze tritissime e familiari ad ognuno, ha dato occasione a taluno de i professori più stimati di far minor conto delle sue novità, tenendole come a vile, per dependere da troppo bassi e popolari fondamenti; quasi che la più ammirabile e più da stimarsi condizione delle scienze dimostrative non sia lo scaturire e pullulare da principii notissimi, intesi e conceduti da tutti".

La discussione di questo, come di altri principi del moto, la cui evidenza viene stabilita da esperimenti che sembrano fornire una conferma diretta, mostra come i criteri usati da Galileo per definire le condizioni di una scienza dimostrativa erano ancora quelli aristotelici: i principi devono essere manifestamente veri, ben noti, e accettati da tutti.

Per Galileo, come per Aristotele, non v'è dimostrazione scientifica dei principi. È l'insieme coerente e sistematico delle proposizioni dimostrate a partire dai principi che costituisce la scienza. La gloria e la fama dei matematici antichi erano dovute non tanto ai principi fondamentali da loro enunciati, quanto alle eleganti dimostrazioni matematiche che essi erano riusciti a sviluppare da quei principi. In maniera simile, Galileo vedeva il merito principale della sua nuova scienza del moto non tanto nei suoi principi quanto nella sue deduzioni da quei principi.

È significativo a questo proposito il fatto che Galileo presentasse il suo trattato sul moto accelerato facendo riferimento al trattato di Archimede sulle spirali.

Proprio come Archimede aveva arbitrariamente definito il moto spirale e da tale definizione aveva derivato una serie di proposizioni matematiche, così anche Galileo definiva arbitrariamente un moto uniformemente accelerato e procedeva nello stesso modo: "Io argomento *ex suppositione*, figurandomi un moto verso un punto, il quale partendosi dalla quiete vada accelerandosi, crescendo la sua velocità con la medesima proporzione con la quale cresce il tempo; e di questo tal moto io dimostro concludentemente molti accidenti: soggiungo poi, che se l'esperienza mostrasse che tali accidenti si ritrovassero verificarsi nel moto dei gravi naturalmente descendenti, potremmo senza errori affermare questo essere il moto medesimo che da me fu definito e supposto; quanto che no, le mie dimostrazioni, fabricate sopra la mia supposizione, niente perdevano della loro forza e concludenza; sì come niente progrediva alle conclusioni dimostrate da Archimede circa la spirale il non ritrovarsi in natura mobile che in quella maniera spiralmemente si muova".

La dottrina del metodo scientifico di Bacone e le contrastanti valutazioni della sua influenza sullo sviluppo della scienza.

Il problema del metodo considerato in se stesso, separatamente e indipendentemente dalla logica nel cui ambito era sempre stato discusso, acquistò un rilievo particolare nel XVII secolo. Questo nuovo interesse, assieme al tentativo di formulare una dottrina del metodo nelle scienze naturali, si incontra per la prima volta in Francesco Bacone.

Bacone è stato spesso frainteso da storici della scienza e della filosofia, che ne hanno presentato un'immagine distorta dalla ristretta prospettiva in cui lo hanno considerato. Il fatto che Bacone non abbia dato alcun specifico contributo positivo alla scienza, e talvolta non sia riuscito a riconoscere i meriti di altri scienziati che avevano fatto fare significativi e concreti progressi alla conoscenza della natura, ha indotto studiosi come Alexandre Koyré a gettare serie ombre sull'immagine di Bacone come uno dei fondatori della scienza moderna. Altri studiosi, pur riconoscendo i limiti dell'opera di Bacone, sono dell'opinione che il nome di Bacone come critico e teorico debba nondimeno figurare tra quelli dei grandi spiriti creativi dell'inizio dell'età moderna. La controversia sui meriti o demeriti di

Bacone ebbe inizio nel secolo scorso, quando Justus von Liebig sottopose ad una indagine critica i suoi contributi scientifici e giunse ad una conclusione totalmente negativa. Al giudizio severo di Liebig è stata più volte contrapposta l'importanza di Bacone come critico di Aristotele e la validità della sua difesa del metodo empirico, delle sue idee sull'organizzazione scientifica della ricerca, e del più stretto contatto tra scienza e vita pratica da lui auspicato.

Che la controversia su Bacone non abbia ancora trovato un accordo è una prova sufficiente del fatto che entrambi i partiti hanno ragione fino ad un certo punto. Gli avversari dell'importanza di Bacone fanno giustamente osservare che se tutti gli scritti di Bacone fossero eliminati dalla storia, non andrebbe perduto un singolo concetto scientifico né un singolo risultato scientifico. Aggiungono poi che la sua critica ad Aristotele riecheggia per lo più ciò che era stato ripetuto per tutto il XVI secolo, ed inoltre perde gran parte della sua efficacia quando ci si rende conto di quanto Bacone stesso fosse ancora vincolato a modi di pensare tipicamente aristotelici. Infine, il suo stesso metodo di ricerca scientifica, nella forma in cui egli lo presentò, non venne mai realmente applicato né da Bacone stesso né da altri, e pertanto non produsse mai alcun risultato. D'altra parte, a favore di Bacone vengono rivendicati i suoi arditi progetti di ricerca e l'indubbia influenza che essi esercitarono su parecchi scienziati inglesi del XVII secolo, ed infine, ultimo ma non meno importante, il suo stile. Grandi doti letterarie e una straordinaria capacità di esprimersi in brillanti aforismi gli permisero di presentare le sue idee circa il giusto metodo da seguire nello studio della scienza in una forma che contribuì a imprimerle per sempre nella memoria del genere umano. Leggendo Bacone si incontrano ad ogni pagina massime lucide e condensate, espressioni efficaci e immagini chiarificatrici, e sotto l'influenza della sua eloquenza si è indotti a sopravvalutare l'originalità delle sue idee. Si incontrano espressioni divenute classiche, come *Antiquitas saeculi juvenus mundi* (L'antichità dei tempi è la giovinezza del mondo). *Natura non nisi parendo vincitur* (La natura si lascia vincere soltanto ubbidendole). *Vere scire est per causas scire* (La vera conoscenza è quella ottenuta attraverso la conoscenza delle cause). Vi sono memorabili similitudini, come quella che paragona l'empirista ad una formica che si limita a raccogliere e ad usare le cose, il razionalista ad un ragno che intesse ragnatele traendole dalla propria sostanza, e il vero uomo di scienza ad un'ape che, scegliendo una via di mezzo, raccoglie materiale dai fiori di campi e giardini, e lo digerisce e trasforma con le proprie facoltà.

Fra le immagini più pittoresche e più memorabili prodotte dall'arte retorica di Bacone vi è l'elenco degli *Idola*, gli idoli della mente o false nozioni che ostacolano l'intelletto umano nella conoscenza scientifica e lo fanno frequentemente cadere in errore: gli *Idola Tribus* (idoli della tribù) sono debolezze mentali che hanno le loro radici nella stessa natura umana, come la tendenza a supporre nelle cose maggiore ordine ed eguaglianza di quello che vi esiste realmente, ad ignorare eccezioni alle regole stabilite, a sopravvalutare le ragioni a favore di una opinione che si è adottata, a lasciarsi ingannare dall'illusione dei sensi.

Gli *Idola Specus* (idoli della caverna) sono dovuti alla peculiare costituzione fisica o mentale di ciascun individuo, nella quale egli è rinchiuso come in una caverna: tale è la tendenza a considerare ogni cosa in funzione degli interessi o predilezioni di ciascun individuo, l'estrema reverenza per ciò che è antico o l'estremo entusiasmo per ciò che è moderno, l'eccessiva consapevolezza delle differenze o delle somiglianze tra le cose. Gli *Idola Fori* (idoli del mercato) derivano dall'uso sconsiderato del linguaggio, dall'illusione che ad ogni parola debba corrispondere una cosa realmente esistente, e dalla confusione tra il significato letterale e quello figurato di una parola. Infine gli *Idola Theatri* (idoli del teatro), ossia le fallaci forme di pensiero derivanti da sistemi filosofici accettati e da erronei metodi di dimostrazione, rappresentano i procedimenti ai quali Bacone contrappone il proprio nuovo metodo. I sistemi filosofici criticati sono quello sofistico,

rappresentato da Aristotele e dai suoi discepoli scolastici, che forzano la natura entro schemi astratti e ritengono di spiegare tutto mediante definizioni logiche; quello empirico, rappresentato da coloro che partendo da pochi e limitati esperimenti si precipitano a trarre conclusioni generali; infine, quello superstizioso, che corrompe la filosofia introducendovi nozioni poetiche e teologiche.

Bacone si servì non solo di immagini letterarie, ma anche di immagini figurative per meglio imprimere nella mente del lettore la sua idea di un nuovo mondo e di una nuova scienza da scoprire col suo nuovo metodo. Il frontespizio del *Novum Organum* (l'opera maggiore di Bacone il cui titolo è già un programma di sfida lanciata contro Aristotele i cui scritti logici erano noti sotto il titolo collettivo *Organon*), mostra un veliero che attraversa le Colonne d'Ercole (che segnavano leggendariamente il limite del Vecchio Mondo, e qui simboleggiano i limiti della Scienza Antica) e si dirige a piene vele verso la *Nuova Atlantis*, il Nuovo Mondo della mente che l'autore, come un secondo Colombo, si prefigge di scoprire.

Il progetto baconiano della 'Instauratio Magna' o Grande Riforma della scienza.

La prefazione alla *Instauratio Magna*, pubblicata nel 1620 come introduzione al *Novum Organum*, presenta il progetto del sistema completo delle scienze, suddiviso in sei parti, attraverso il quale Bacone intendeva restaurare il predominio sulla natura che l'uomo aveva perduto dopo il peccato originale. La prima parte, *Partitiones scientiarum* o Divisione delle scienze, doveva consistere in una classificazione delle scienze esistenti e di quelle che dovevano essere create come nuove, una sorta di inventario di tutti i possedimenti della mente umana. Tale classificazione, basata su un'analisi delle facoltà e degli oggetti della conoscenza umana, avrebbe ispirato la divisione delle scienze adottata un secolo più tardi da Diderot e D'Alembert nella loro *Encyclopédie*. Questa parte del progetto baconiano è rappresentata da *The Advancement of Learning* (1605) e dalla sua versione latina, riveduta e notevolmente ampliata, *De Dignitate et augmentis scientiarum* (1623).

La classificazione baconiana non si limita alle scienze in senso stretto, ma comprende le varie forme del sapere: la scienza o filosofia propriamente detta è soltanto una di queste, accanto alla storia e alla poesia. La base di questa triplice distinzione è una distinzione fra tre facoltà della mente, considerate come particolarmente rilevanti per il sapere: la storia è basata sulla memoria, la poesia sull'immaginazione e la filosofia sulla ragione. La storia raccoglie e conserva i meri fatti presentati ai sensi; la poesia separa o divide i materiali dei sensi secondo forme che non corrispondono alla natura ma soddisfano il piacere della mente; la filosofia organizza i materiali dei sensi secondo il modello o schema della natura, sebbene nel passaggio dai sensi alla ragione si commettano facilmente errori. Gli oggetti di cui si occupa la filosofia sono Dio, la natura o l'uomo. La filosofia naturale ha un lato speculativo o teorico, costituito dalla scienza naturale, ed un lato operativo o pratico, cui Bacone dà il nome di magia naturale. La scienza naturale consiste nella "inquisizione delle cause", la magia naturale nella "produzione di effetti". Ciascuno di questi due lati della filosofia naturale è ulteriormente suddiviso: la scienza naturale viene suddivisa in fisica e metafisica; la magia naturale nelle sue forme 'sperimentale', 'filosofica' e 'magica'. La fisica tratta delle cause materiali ed efficienti, mentre la metafisica studia le cause formali e finali. Questa suddivisione riecheggia le tradizionali quattro cause aristoteliche, anche se le cause baconiane non corrispondono esattamente a quelle di Aristotele. La causa materiale di una cosa è semplicemente la materia di cui è fatta; la causa efficiente è ciò che produce la cosa in questione a partire dalla causa materiale. Nella misura in cui la spiegazione causale riguarda la produzione di cose, ciascuna di queste cause è necessariamente

implicata. Ma nello studio delle cause l'interesse maggiore è rivolto agli eventi che accadono alle cose, ai cambiamenti che si verificano nelle loro caratteristiche e nella loro posizione, e non al loro generarsi e venire ad esistere. In tali eventi e cambiamenti v'è una causa efficiente, un evento antecedente che produce il cambiamento, ma non v'è nessuna chiara o utile applicazione dell'idea di causa materiale. Di fatto, Bacone ricorre raramente all'uso della nozione di causa materiale. La fisica, per lui, è essenzialmente lo studio del modo in cui le cause efficienti operano nella natura.

La causa finale, il cui studio è affidato alla metafisica, è lo scopo per cui una cosa viene fatta, o viene cambiata, o spostata. Bacone era un inveterato nemico della dottrina delle cause finali, poiché esse non potevano essere fatte oggetto di indagine razionale. La metafisica, per Bacone, era essenzialmente la scienza delle cause formali. Ma per Bacone la causa formale aveva un significato diverso che per Aristotele. Nella concezione aristotelica ogni cosa consiste di materia e di forma, ad esempio una scultura consiste nel marmo di cui è fatta e nella figura umana che fa di questo una scultura. Se con l'immaginazione consideriamo tale figura come a sé stante, possiamo concepirla come un qualcosa che si realizza nella statua, come un'immagine visiva nella mente dello scultore prima che questi la esteri nella statua. L'idea baconiana di forma è qualcosa di completamente diverso: le forme, che è compito del metafisico investigare, sono le strutture nascoste delle cose, ed è facendo riferimento a tali forme invisibili che possiamo spiegare le proprietà delle cose direttamente osservabili.

La seconda parte del progetto baconiano è rappresentata dal *Novum Organum* (1620) nel quale Bacone intendeva esporre "l'arte stessa di interpretare la natura e di adoperare l'intelletto in maniera più vera". Questa è la sua opera principale riguardante quello che egli considerava giustamente il suo risultato principale, il suo metodo per l'acquisizione della conoscenza vera e reale del mondo naturale.

La terza parte del sistema consiste in una "storia naturale e sperimentale" dei "fenomeni dell'universo", ossia in una raccolta di informazioni ordinate metodicamente e pronte per essere assoggettate alle tecniche induttive descritte nel *Novum Organum*. La quarta parte, intitolata "scala dell'intelletto", doveva fornire esempi di indagini eseguite col nuovo metodo, e la loro utilità consisteva nel presentare vividamente di fronte alla mente l'intero processo in modo che, come il titolo stesso indica, la mente potesse correre rapidamente su e giù per i gradini del processo. La quinta parte, "prodromi o anticipazioni della nuova filosofia", doveva descrivere conclusioni e risultati raggiunti non col nuovo metodo, ma "impiegando l'intelletto nella maniera usuale", e quindi provvisori. La sesta ed ultima parte è rappresentata dalla "nuova filosofia", la cui realizzazione Bacone affidava all'opera di future generazioni di scienziati istruiti a condurre ricerche seguendo il nuovo metodo.

La struttura del nuovo metodo baconiano e la sua applicazione nell'indagine delle forme o leggi della natura.

Il metodo baconiano doveva stabilire una volta per tutte un vero e legale matrimonio tra la facoltà empirica e quella razionale, il cui divorzio e la cui separazione avevano gettato confusione negli affari della famiglia umana. Il primo requisito per ottenere ciò era l'umiliazione dell'intelletto di fronte alla natura: invece di pretendere arrogantemente di trovare la verità nelle cellule del nostro cervello, dobbiamo lasciare che le cose parlino da sé. La mente, inoltre, ha bisogno di strumenti che guidino i pensieri e impediscano loro di cadere nell'errore. *Vestigio filo regenda sunt*: i nostri passi devono essere guidati da una sorta di filo di Arianna, da un metodo che ci aiuti a non perderci nel labirinto dell'universo.

In primo luogo il metodo esige che si affidi un ruolo preminente alla ricerca empirica. Ma i sensi da soli non sono sufficienti. Anche se la loro azione può essere estesa con l'aiuto di

strumenti, essi possono sempre ingannarci. Per ottenere il nostro scopo abbiamo bisogno di esperimenti costruiti artificialmente ed eseguiti con scaltrezza. I sensi dovranno giudicare l'esperimento, ma sarà compito di quest'ultimo giudicare le cose. La base di ogni indagine consiste nella raccolta sistematica di osservazioni concernenti il fenomeno da studiare, ossia per usare la terminologia baconiana la 'natura' in questione. A tale scopo si devono compilare tre elenchi: il primo, intitolato "Tavola dell'essenza e della presenza", è l'elenco dei casi positivi; in esso, senza alcun preconconcetto e in maniera deliberatamente svariata, vengono elencati tutti i generi di casi in cui si verifica il fenomeno. Il secondo, l'elenco dei casi negativi o "Tavola della deviazione o dell'assenza", contiene i casi in cui il fenomeno non si verifica, anche se le circostanze sono apparentemente simili. Il terzo è l'elenco delle differenze di grado o "Tavola dei gradi", e mostra come si possa osservare il fenomeno, nei casi positivi, in gradi diversi, a seconda delle circostanze.

Se si considera, ad esempio, il fenomeno del calore, ossia il fatto naturale che suscita in noi la percezione che denotiamo con la parola 'caldo', il primo elenco conterrà i raggi del sole, il fuoco, sorgenti di acqua calda, lo strofinamento di minerali, e il processo di versare acqua su calce viva; il secondo conterrà i raggi della luna, l'acqua, venti freddi, e l'aria in una cantina durante l'estate; il terzo, infine, mostrerà come il calore animale venga accresciuto dall'esercizio, dalla febbre, dal dolore, e dal bere vino, e come il calore del sole dipenda solamente dalla posizione del sole.

L'esame accurato di questi elenchi mediante una tecnica speciale dovrebbe permetterci di determinare quella che Bacone chiama la forma del fatto naturale che è oggetto della nostra indagine, ossia la sua essenza, la sua quiddità o la sua legge; in breve, ciò che esso è realmente. Il procedimento dovrebbe essere praticamente automatico, non richiedendo nessuna speciale abilità, e pertanto non dovrebbe superare le capacità di qualsiasi solerte osservatore. Per quanto riguarda il calore, la forma o legge trovata da Bacone col suo metodo è il movimento, ossia un tipo specifico di movimento, uno dei diciannove tipi di movimento elencati da Bacone: esso viene definito come un movimento di espansione repressa che agisce sulle piccole particelle del corpo. Non dobbiamo lasciarci impressionare da questo risultato apparentemente stupefacente. Innanzi tutto la concezione cinetica del calore era un'idea abbastanza diffusa nel XVII secolo, e dopotutto risaliva ad Aristotele che aveva concepito il moto come causa del calore; inoltre è chiaro che Bacone non giunse affatto a tale idea mediante uno studio accurato degli elenchi.

Bacone ammette la possibilità che il procedimento basato sui tre elenchi non produca alcun risultato. In tal caso sono disponibili strumenti sussidiari più potenti, come l'elenco delle *Prerogativae Instantiarum* o casi prerogativi: questi casi, per il loro carattere speciale, aiutano l'intelletto meglio dei fatti ordinari del primo elenco.

Col suo nuovo metodo di studiare la natura Bacone intendeva principalmente ovviare ai due principali difetti che rendevano sterili e invalidi gli assiomi o primi principi da cui erano state derivate le scienze fino ad allora: l'uno era l'eccessiva precipitazione del processo di generalizzazione con cui si giungeva ad essi; l'altro era l'abitudine di fare affidamento su nozioni comuni e quotidiane, senza approfondire a sufficienza il discernimento delle importanti somiglianze e differenze tra le cose.

L'induzione baconiana voleva giungere alla individuazione dei principi più generali non mediante affrettate generalizzazioni, ma attraverso una metodica e graduale ascesa. La maniera sistematica in cui i dati di fatto venivano acquisiti e ordinati dal nuovo metodo avrebbe dovuto liberare coloro che lo usavano dalla dipendenza paralizzante dagli schemi concettuali grossolani e precostituiti della osservazione quotidiana. Bacone riteneva che l'aspetto innovativo e cruciale del suo metodo consisteva nell'essere eliminativo: *maior est vis instantiae negativae*, ossia, l'esempio o caso negativo è il più potente nello stabilire la verità di un assioma. Ciò cui Bacone si opponeva nel suo entusiasmo per l'induzione eliminativa era l'induzione per semplice enumerazione, formulata da Aristotele e praticata dai suoi seguaci, e consistente nel derivare conclusioni generali di portata illimitata

partendo da una raccolta finita e spesso molto piccola di premesse singolari. Le obiezioni sollevate da Bacone contro l'induzione enumerativa ne mettevano in rilievo il carattere affrettato e la facile falsificabilità. Egli riteneva che tenendo conto della "maggiore forza del caso negativo" il metodo di induzione eliminativa permetteva di scoprire leggi naturali che erano certe. Anche se in ciò v'è una eco dell'esigenza aristotelica che i "primi principii" della scienza siano necessari, la novità del metodo baconiano viene riconosciuta anche da uno scrupoloso studioso dell'induzione come il filosofo contemporaneo G.H. von Wright, il quale così scrive nella sua opera fondamentale *The Logical Problem of Induction*: "Le leggi della natura non sono verificabili [...] ma esse sono falsificabili [...]. È merito immortale di Bacone l'aver pienamente valutato l'importanza di questa asimmetria nella struttura logica delle leggi".

Le differenti concezioni di scienza e di metodo scientifico presentate da Galileo e da Bacone sono, almeno in parte, riconducibili alla diversità delle loro rispettive biografie e degli ambienti culturali in cui vissero. Galileo spese una buona metà della sua vita, fino all'età di 46 anni, insegnando matematica dapprima all'Università di Pisa (1589-92) e poi a quella di Padova (1592-1610); lo stipendio molto basso lo costrinse a dedicare gran parte del tempo all'insegnamento privato. Durante tale periodo non pubblicò, né sembra abbia composto, nessuna opera originale, ma si limitò a redigere trattatelli di matematica pratica (concernenti la fortificazione, la cosmografia, e uno strumento a forma di compasso per effettuare facilmente misurazioni di peso e di volume) che vendeva a studenti e a vari personaggi con cui era in corrispondenza. La pubblicazione, nel 1610, del *Sidereus Nuncius*, in cui annunciava la sua scoperta, con l'aiuto del telescopio, della montuosità della superficie lunare e dei quattro satelliti di Giove, lo rese immediatamente famoso in tutta Europa. La dedica dell'opera al Granduca di Toscana e il nome di "medicei" dato ai satelliti gli permisero di realizzare quello che da tempo era stato il suo maggior desiderio: essere nominato matematico e filosofo di corte, con un buon stipendio, senza alcun obbligo di tenere corsi di pubbliche lezioni all'università, in modo da essere così libero di dedicare tutto il suo tempo allo studio della natura, alla stesura di opere sugli argomenti da lui prediletti (il vero sistema del mondo e la scienza del moto) e, occasionalmente, di partecipare alle dotte conversazioni e dispute filosofiche e scientifiche con cui il Granduca intratteneva i suoi ospiti durante cene e ricevimenti. Dispute cortigiane di questo genere sono all'origine sia del *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua, o in quella si muovono* (1612), sia delle famose lettere in difesa del sistema copernicano scritte tra il 1613 e il 1615 e culminanti nella celebre *Lettera a Madama Cristina di Lorena, Granduchessa di Toscana*. Un'altra disputa, questa volta con un matematico del Collegio Romano dei gesuiti, Orazio Grassi, a proposito della natura e posizione della cometa apparsa nel 1618, è all'origine del *Saggiatore*, pubblicato nel 1623 sotto gli auspici dell'Accademia dei Lincei e dedicato al neo-eletto Papa Urbano VIII. Assicurateci così il favore del Pontefice, Galileo si mise subito al lavoro per stendere un'opera che progettava già da molto tempo e che uscì nel 1632 col titolo *Dialogo intorno ai due massimi sistemi del mondo*; anch'essa ha la forma di una grande disputa cortigiana fra personaggi colti e di diverso orientamento filosofico e mentale: Simplicio è il portavoce della tradizionale filosofia e metodologia aristotelica, Salviati è il rappresentante della nuova filosofia della natura e del nuovo metodo scientifico, e Sagredo è un nobiluomo che partecipa alla discussione fra i due filosofi apportando il contributo della propria esperienza di filosofo e scienziato dilettante. Dopo il processo e la condanna del 1633 Galileo, chiuso nella solitudine del suo confino di Arcetri, lontano dalle dispute cortigiane, si immerse nella elaborazione e stesura della scienza matematica del moto, presentandola nella forma sistematica di un trattato che venne pubblicato nel 1638 nei *Discorsi e dimostrazioni matematiche*. Il metodo rigorosamente dimostrativo della trattazione è, come già abbiamo fatto osservare, molto diverso da quello più aperto all'esperienza e più suggestivo di ipotesi e di argomentazioni probabili che caratterizza lo stile scientifico del *Dialogo*. La

diversità dei contesti "sociali" in cui vennero elaborate queste due opere spiega, in parte, la diversità dei metodi scientifici praticati nell'una e nell'altra.

Anche Francesco Bacone passò gran parte della sua esistenza negli ambienti cortigiani, ma, diversamente da Galileo che vi svolse il ruolo distaccato del filosofo e scienziato, Bacone prese direttamente parte alla attività politica. Suo padre era un importante funzionario alla corte della Regina Elisabetta, e pochi anni dopo la morte del padre Bacone stesso fu eletto alla Camera dei Comuni nel 1584, all'età di 23 anni. Subito si diede da fare per conquistarsi i favori della regina attraverso l'influenza dello zio, Lord Burghley, che era primo ministro. Nel 1592, in una lettera indirizzata a quest'ultimo, Bacone dichiarava: "Ho preso l'intera conoscenza come mia provincia". Probabilmente aveva già in mente le linee generali della "Grande Instauratione", il grandioso programma di riforma scientifica che dominò la sua carriera intellettuale. Allorché salì al trono Giacomo I nel 1603, Bacone ricevette il titolo di Sir, e nel 1607 venne nominato Avvocato Generale. La sua carriera politica raggiunse l'apice nel 1618 con la nomina a Lord Cancelliere, seguita pochi anni dopo, nel 1621, dal conferimento del titolo di Visconte di Sant'Albano. Ma pochi mesi dopo, accusato di corruzione, venne processato e condannato. Riconosciuto colpevole, fu destituito dalla carica di Cancelliere, venne escluso dal Parlamento e dalla corte e fu costretto a pagare una forte ammenda. La sua salute deteriorò rapidamente: ritiratosi a vita privata, si dedicò interamente alla realizzazione del grandioso progetto di indagine scientifica di cui aveva tracciato lo schema nel *Novum Organum*, pubblicato nel 1620.

Riuscì a compilare varie raccolte di storia naturale da usare come materiale grezzo per l'indagine della natura condotta secondo il nuovo metodo. Ma la morte, il 9 aprile del 1626, interruppe bruscamente le sue ricerche. Dal 1610 in poi, Galileo fu per il resto della sua vita al centro sia di una fitta rete di scambi epistolari fra i maggiori scienziati del tempo che di una serie di polemiche scientifiche concernenti alcuni dei problemi allora più dibattuti, come la causa del galleggiamento di corpi sull'acqua, la natura delle macchie solari, la materia e posizione delle comete, i rapporti tra le velocità di caduta di corpi diversi, i rapporti tra le velocità di un medesimo corpo in caduta libera o lungo piani variamente inclinati, la rotazione della terra e la traiettoria descritta da un corpo che cade verso il suo centro, la traiettoria dei proiettili, la natura del suono e i rapporti matematici tra suoni in reciproca armonia, la struttura della materia e la causa della coesione di corpi solidi e della loro resistenza ad essere spezzati, ecc. L'epistolario di Bacone, invece, riguarda quasi esclusivamente la sua attività politica, e nessuno degli scienziati e filosofi del tempo intrattenne con lui rapporti epistolari o ingaggiò con lui polemiche scientifiche su argomenti trattati nelle opere filosofiche da lui pubblicate. Il severo giudizio di William Harvey, medico di chiara fama in quanto scopritore della circolazione del sangue (fu con lui che si demolì definitivamente la concezione galenica), che accennando a Bacone disse che scriveva di scienza come un Lord Cancelliere, probabilmente esprimeva la tacita opinione che i contemporanei avevano, degli ambiziosi progetti scientifici del Visconte di Sant'Albano.

Tuttavia l'influenza di Bacone sulle successive generazioni di scienziati fu non meno importante, anche se di diversa natura, di quella di Galileo. Questi, con le sue trattazioni rigorosamente matematiche della scienza del moto, diede inizio a un tipo nuovo di indagine della natura che venne sviluppato con intensità e fecondità nel corso del XVII secolo e che culminò nell'opera di Newton: la spiegazione dei fenomeni naturali a partire da principi matematici dotati di evidenza immediata e tali da conferire certezza indiscutibile alle conclusioni da essi derivate. Bacone, d'altro canto, sebbene fosse egli stesso totalmente privo di qualsiasi comprensione dell'importanza della matematica nello studio della natura, e sebbene la sua influenza sui metodi usati dagli scienziati del tempo fosse in pratica molto scarsa, tuttavia ebbe un'influenza estremamente stimolante sulla organizzazione della ricerca scientifica in Inghilterra. L'opera di Galileo nel campo della meccanica venne continuata soprattutto in Italia da quelli che in senso stretto o in senso

lato vengono solitamente etichettati come suoi discepoli o allievi e che formarono quella che un po' genericamente viene chiamata la scuola galileiana. Ciò che maggiormente colpisce è il fatto che tutte le esitazioni e incertezze concettuali e metodologiche riscontrate in Galileo sembrano superate nei suoi successori. Il maestro, che a costo di grandi sforzi intellettuali era riuscito a scrollarsi di dosso errori del passato, mostrava ancora le tracce della lotta nello stile delle sue argomentazioni; gli allievi, d'altro canto, che egli aveva iniziato alle sue nuove concezioni, furono in grado, liberi dal peso del passato, di cominciare direttamente dal punto in cui era giunto il maestro, e di esprimere in maniera perfettamente chiara ciò che appariva ancora più o meno oscuro nella sua opera. Inoltre gli allievi trassero senza esitazione conclusioni che erano soltanto implicite nelle parole del maestro, sebbene quest'ultimo non avesse mai osato esprimerle apertamente. La tendenza verso una matematizzazione della meccanica è abbastanza evidente in Galileo, ma egli era ancora troppo legato all'idea della gravità come una sorta di desiderio inerente a un corpo fisico di muoversi verso il centro della terra, per poter essere in grado di considerarla come una grandezza assegnata per definizione ad un corpo matematico; ed inoltre era ancora troppo fortemente dominato dalla concezione del cosmo finito, per potere identificare lo spazio eterogeneo della realtà fisica con l'infinito spazio omogeneo della geometria. Soltanto un matematico puro come il suo discepolo Evangelista Torricelli fu in grado di accettare senza esitazione queste conseguenze così estreme del metodo galileiano: rimuovendo tutti gli impedimenti che avevano ostacolato una integrale matematizzazione della fisica, Torricelli realizzò ciò che Galileo aveva soltanto prefigurato, ossia l'emancipazione della scienza dei moti e delle forze da ogni riferimento alla filosofia naturale e la sua formulazione in una meccanica razionale. Bacon venne onorato come il profeta della nuova scienza specialmente nella sua patria. Nelle varie associazioni scientifiche più o meno ufficiali sorte in Inghilterra nel corso del XVII secolo come le riunioni di matematici e filosofi dapprima al Gresham College di Londra e poi al Wadham College di Oxford la nuova filosofia sperimentale venne coltivata seguendo come principio guida le concezioni di Bacon; e quando nel 1662 tutte queste disparate attività vennero ufficialmente amalgamate nella Royal Society, le sue idee continuarono a guidare anche questa società scientifica. Di fatto, questa istituzione venne considerata come la realizzazione dell'ideale di organizzazione e cooperazione scientifica delineato da Bacon nella *Nuova Atlantide*.

Quest'opera, pubblicata postuma, presentava una descrizione dell'isola di Bensalem, nella quale era istituito un collegio scientifico chiamato Casa di Salomone, che conteneva ogni genere di laboratori e di strumenti per fare ricerche scientifiche, ed era organizzato in base al principio di una divisione del lavoro tra vari gruppi di ricercatori e scienziati: alcuni avevano il compito di recarsi in paesi stranieri per raccogliere informazioni e acquistare libri, altri dovevano studiare questi libri, e altri ancora dovevano riferire sui nuovi risultati venuti alla luce nelle arti meccaniche e in quelle liberali. Un gruppo era incaricato dell'esecuzione di esperimenti, un altro aveva l'incarico di registrare i risultati degli esperimenti negli elenchi dettagliatamente descritti nel *Novum Organum*; questi elenchi dovevano, a loro volta, essere studiati da un altro e diverso gruppo allo scopo di trarne conclusioni utili per la scienza e per la vita pratica. Un terzo gruppo aveva il compito di progettare ed eseguire nuovi esperimenti, e infine di formulare gli assiomi e aforismi più generali, nei quali era riassunta la suprema conoscenza umana concernente la natura.

L'immenso prestigio e l'influenza di Bacon sulla ricerca scientifica durante gli ultimi decenni del XVII secolo si basavano non tanto su risultati positivi in campo sperimentale o teorico, quanto piuttosto sulla sua visione della scienza espressa nel *Novum Organum* e nella *Nuova Atlantide*, e in particolare sul suo ottimismo circa le possibilità di un suo rapido sviluppo. Ora che il suo metodo era stato descritto nei dettagli, egli riteneva che non restasse altro da fare che purgare l'intelletto per farne un adeguato strumento adatto al metodo, e trovare le risorse umane e finanziarie per applicarlo nella realizzazione di

programmi di ricerca scientifica. Allorché il mecenatismo e le forze umane necessarie all'organizzazione della scienza furono finalmente disponibili nella forma della Royal Society, le *Philosophical Transactions* di quest'ultima, ossia i dettagliati resoconti delle sue sedute, ben presto presentarono con grande abbondanza proprio quel genere di "storie" o collezioni di fatti e informazioni che Bacone aveva prescritto. Il programma baconiano per la elaborazione di principi e assiomi generali venne considerato meno seriamente delle sue critiche contro affrettate "anticipazioni" e ipotesi, e in tal modo l'influenza preponderante delle idee di Bacone si fece sentire più nella direzione dell'empirismo che non in quella della costruzione di sistemi teorici. In un primo momento questo orientamento fornì un utile correttivo del cartesianesimo, come si può osservare nell'insistenza di Newton sull'ascesa "induttiva" alla legge di gravitazione, in contrasto con le ipotesi meramente immaginarie di Descartes. Ma sebbene i membri più eminenti della Royal Society cogliessero ogni occasione per proclamarsi leali discepoli di Bacone, essi adottarono tacitamente un atteggiamento più tollerante verso le ipotesi, e i successivi sviluppi teorici vennero realizzati seguendo più il metodo che il modello baconiano.

(a cura di A. Carugo)