

STORIA DELLA SCIENZA
PROF. MARCO BRESADOLA

DISPENSE CON TESTI DEGLI AUTORI – II PARTE*

* NB I riferimenti di pagina e capitolo con l'indicazione Rossi rimandano al manuale del corso: P. Rossi, *La nascita della scienza moderna in Europa*, Roma-Bari, Laterza, 1997 ed ediz. Succ.

BACONE E LA SCIENZA MODERNA

- La critica del sapere degli antichi e della cultura magico-ermetica
- Il modello della tecnica come sapere progressivo e collaborativo
- Il ruolo di Bacone nella nascita della scienza moderna
 - Lo sperimentalismo (vs matematica)
 - L'importanza delle arti
 - Il carattere collaborativo dell'impresa scientifica

“L'immagine positivista di Bacone ‘fondatore della scienza moderna’ ha fatto certo il suo tempo. Ma resta del tutto vero che egli porta a livello filosofico temi e idee che si erano andati affermando ai margini della scienza ufficiale” (Rossi, p. 50)

- La tecnica e la natura

“La natura è, contemporaneamente, oggetto di dominio e di reverenza. Essa va ‘torturata’ e piegata al servizio dell'uomo, ma essa è anche il ‘libro di Dio’ che va letto in spirito di umiltà” (Rossi, p. 54)

Francis Bacon: la tecnica e la scienza sperimentale

Francesco Bacone nacque a Londra il 22 gennaio 1561 da sir Nicholas Bacon, che fu per vent'anni Lord Guardasigilli della Regina Elisabetta, e da Anna Cooke, figlia di uno dei precettori di Edoardo VI. Iniziati gli studi al Trinity College di Cambridge, li proseguì al Gray's Inn di Londra, una delle scuole per la formazione per giureconsulti e avvocati. Avviato alla carriera politica e diplomatica, sotto Giacomo I Stuart ottenne cariche ed onori: fu nominato avvocato generale (1607), poi procuratore generale (1607), infine Lord Guardasigilli (1617) e Lord Cancelliere (1618). Come tale presiedeva le principali corti di giustizia e rendeva esecutivi i decreti regi. Fu inoltre nominato barone di Verulamio e visconte di S. Albano. Nel 1621, quando Giacomo I convocò il parlamento per chiedere l'imposizione di nuove tasse, il parlamento incolpò Bacone di corruzione accusandolo di corruzione e peculato. Riconosciutosi colpevole, Bacone fu imprigionato nella Torre di Londra e fu escluso da tutte le cariche dello stato. Liberato qualche giorno dopo per intercessione del sovrano, Bacone si ritirò a Gorhambury, dove trascorse gli ultimi anni della sua vita. Morì il 9 aprile 1626.

Cfr. Rossi, pp. 27, 49-54, 58-60.

3. *Bacone: il progresso e le arti meccaniche.*

Per universale consenso la verità è figlia del tempo. È infatti segno di pusillanimità inchinarsi davanti agli autori e negare invece al tempo, che è l'autore di tutti gli autori, e di ogni autorità, ciò che gli è dovuto. E le speranze non derivano solo dalle caratteristiche generali del tempo, ma dalle particolari caratteristiche del nostro tempo. Infatti l'opinione che gli uomini hanno dell'antichità è superficiale e quasi mal si adatta al significato della parola. Il termine antichità indica propriamente la vecchiezza e l'età adulta del mondo. Allo stesso modo che da un vecchio ci aspettiamo maggior conoscenza delle cose umane e maggiore maturità di giudizio che da un giovane, a causa della sua esperienza e del maggior numero di cose che ha visto, udito e meditato, per la stessa ragione dovremmo sperare dalla nostra età (se conoscesse le sue forze e volesse metterle alla prova e capire) cose molto maggiori che dai tempi antichi; giacché essa è la più avanzata età del mondo, arricchita e progredita per infiniti esperimenti e osservazioni. Né va dato poco peso al fatto che, mediante navigazioni ed esplorazioni in paesi lontani (assai frequenti nei nostri secoli) si sono rivelate e sono state scoperte molte cose nella natura che non possono gettar nuova luce sulla filosofia. Sarebbe vergognoso per gli uomini se, dopo aver svelato e illustrato l'aspetto del globo materiale, cioè delle terre, dei mari, degli astri, i confini del globo intellettuale restassero limitati entro i ristretti confini delle scoperte degli antichi. [...]

Se qualcuno, impressionato dal consenso e dalla lunga durata del consenso verso le dottrine degli antichi, si sente per questo spinto verso di esse, si accorgerà, ad un esame più attento, che pochi sono gli iniziatori e che tutto il resto, cioè i loro seguaci, sono soltanto ripetitori: vale a dire uomini che si sono limitati a passare dal pregiudizio all'ignoranza, né sono mai giunti a dare quel vero consenso che risulta solo dalla indipendenza del giudizio. [...]

[...]

Infatti le arti meccaniche, come se fossero partecipi di uno spirito vitale, ogni giorno crescono e si perfezionano; invece la filosofia, come una statua, è adorata e celebrata, ma non vien fatta progredire. Presso i loro iniziatori, le arti meccaniche sono rozze, quasi informi e pesanti, in seguito guadagnano in forza e in grazia; la filosofia invece ha il suo massimo vigore presso i fondatori delle singole scuole, poi cade in declino. Di tali opposti destini non v'è migliore spiegazione di questa: nelle arti meccaniche gli ingegni di molti uomini collaborano in vista di un unico fine; nella filosofia l'ingegno di uno distrugge quello degli altri. Non appena gli uomini si fanno servi dell'autorità, cessano di far progredire il sapere e si addossano il compito servile di celebrare e seguire un uomo solo. Così la filosofia, strappata dalle radici dell'esperienza donde è germogliata e ha tratto il suo primo alimento, è una cosa morta.

Bacone, De sapientia veterum, Londra, 1609

“Dedalo o la meccanica.

[...]

Il resto della favola fa esplicito riferimento all'uso delle arti meccaniche: ad esse molto deve la vita umana avendo tratto dai loro tesori molte cose per il servizio della religione, e per l'ornamento della vita civile, per il miglioramento dell'intera esistenza. Tuttavia, da quella stessa fonte, derivano strumenti di vizio e di morte. Tralasciata l'arte dei lenoni, i più potenti tossici, le macchine belliche e pesti di tal fatta (che son dovute alle invenzioni della meccanica) ben sappiamo quanto abbiano superato per crudeltà e pericolosità lo stesso Minotauro. Stupenda è poi l'allegoria del Labirinto nella quale è adombrata la natura in generale della meccanica. Tutte le invenzioni meccaniche che sono accurate e ingegnose possono essere considerate simili a un labirinto: e per la sottigliezza e varia complicazione e per l'ovvia somiglianza derivante dal fatto che possono essere sorrette e distinte non da un giudizio, ma solo dal filo dell'esperienza. Non meno giustamente si aggiunge che colui il quale ideò i meandri del labirinto, ha mostrato anche la necessità di un filo. Le arti meccaniche sono infatti di uso ambiguo e possono produrre nel contempo il male e offrire il rimedio, la loro virtù scioglie e scopre se medesima.

CARTESIO E IL NUOVO SISTEMA DEL MONDO

- Il fondamento razionale della filosofia
- Geometria e algebra
- I *Principia philosophiae* (1644)
 - La definizione di moto come stato dei corpi
 - Le tre leggi della natura: il principio di inerzia e il moto rettilineo
- L'identificazione tra spazio e materia e le sue conseguenze (divisibilità all'infinito, impossibilità del vuoto)
- La formazione dell'universo e la teoria dei vortici
- Il legame tra fisica e geometria

“La sua fisica non conteneva leggi espresse matematicamente ... Il ‘matematismo’ cartesiano si manifestava nel carattere assiomatico e deduttivo della sua costruzione del mondo” (Rossi, p. 162-63).

Cartesio e il nuovo sistema del mondo

René Descartes (noto anche con il nome latinizzato di Cartesius, in italiano Cartesio) nacque il 31 marzo 1596 a La Haye nella Touraine, da famiglia della nobiltà di toga. Fu educato nel collegio dei gesuiti a La Flèche dove entrò nel 1604 e rimase sino al 1612. Gli studi che egli fece in questo periodo furono da lui stesso sottoposti a critica nella prima parte del *Discorso sul metodo*. Nel 1619 gli parve di aver trovato la sua via in modo miracoloso, quasi per un'ispirazione divina, in una notte in cui, come egli stesso narra, ebbe tre sogni «rivelatori», descritti in alcuni frammenti giovanili. La prima opera nella quale l'intuizione del suo metodo trovò espressione furono le *Regole per dirigere l'ingegno*, composte tra il 1619 e il 1630. In questo periodo fu nella milizia e partecipò alla guerra dei trent'anni; ma il costume militare del tempo lasciava ai nobili ampia libertà, cosicché Cartesio poté viaggiare a suo piacimento per tutta l'Europa, dedicandosi agli studi di matematica e di fisica e continuando ad elaborare la sua dottrina del metodo. Nel 1628 si stabilì in Olanda per godervi di quella libertà filosofica e religiosa che era propria del paese. Aveva incominciato a comporre un trattato di metafisica senza tuttavia pensare ad una pubblicazione immediata; ma intanto riprese lo studio della fisica e gli venne l'idea di scrivere un trattato sul *Mondo*. Non l'avrebbe tuttavia presentato con questo titolo troppo ambizioso ma con l'altro di *Trattato della luce*. La condanna di Galilei del 22 giugno 1633 lo sconsigliò dal pubblicare l'opera, nella quale egli sosteneva la dottrina copernicana. In seguito pensò di divulgare almeno alcuni risultati che aveva raggiunti; e così nacquero i tre saggi la *Diottrica*, le *Meteore* e la *Geometria* ai quali premise una prefazione intitolata *Discorso del metodo*, e che pubblicò a Leyda nel 1637.

In seguito il trattato di metafisica fu ripreso per una redazione definitiva; e nel 1640 per il tramite di un amico, il padre Mersenne, l'opera fu inviata a un gruppo di filosofi e teologi affinché esponessero le loro osservazioni. Nel 1641 fu pubblicata col titolo *Meditazioni sulla filosofia prima intorno all'esistenza di Dio e all'immortalità dell'anima* con l'aggiunta delle *Obiezioni* che le erano state rivolte e delle *Risposte* di Cartesio. Più tardi egli rielaborava il suo trattato del *Mondo* nella forma di un sommario destinato alle scuole, *Principi di filosofia* (1644). La corrispondenza intrattenuta con la principessa Elisabetta del Palatinato gli suggerì l'idea della sua monografia psicologica *Le passioni dell'anima* pubblicata nel 1649. In quest'anno egli cedette ai ripetuti inviti della regina Cristina di Svezia di andare a stabilirsi presso la sua corte. Nell'ottobre egli giungeva a Stoccolma; ma nel rigido inverno nordico si ammalò di polmonite e l'11 febbraio 1650 moriva..

Cfr. Rossi, cap. 7

R. Descartes, Discours de la méthode, 1637

Ecco perché, non appena l'età mi permise di uscire dalla tutela dei miei precettori, abbandonai interamente lo studio delle lettere. E, risoluto a non cercare più altra scienza che quella che potessi trovare in me stesso o nel gran libro del mondo, impiegai il resto della mia giovinezza a viaggiare, a vedere corti ed armate, a raccogliere esperienze diverse, a mettere me stesso alla prova nelle diverse occasioni che la sorte mi offriva, e a riflettere in ogni circostanza sulle cose che capitavano, in modo da poterne trarre qualche profitto. [REDACTED]

[...]

ne. Ma dopo che ebbi dedicato alcuni anni a studiare così nel libro del mondo e a cercare di acquistare una certa esperienza, un giorno presi la decisione di studiare anche in me stesso e di impiegare tutte le forze del mio ingegno a scegliere le vie da seguire. Il che mi riuscì assai meglio, mi pare, che se non mi fossi mai allontanato né dal mio paese, né dai miei libri.

R. Descartes, Principia philosophiae, 1644

3. Descartes: le leggi del movimento.

Che non è richiesta maggiore azione pel movimento che pel riposo.

Poiché c'inganniamo ordinariamente, poiché pensiamo che è necessaria maggiore azione pel movimento che pel riposo, osserveremo qui che siamo caduti in questo errore fin dall'inizio della nostra vita, poiché muoviamo ordinariamente il nostro corpo secondo la nostra volontà, di cui abbiamo una conoscenza interiore; ed esso è in riposo, per questo solo che è attaccato alla terra per la pesantezza, di cui non sentiamo la forza. E come questa pesantezza, e molte altre cause che non siamo abituati a percepire, resistono al movimento delle nostre membra, e fanno sì che ci stanchiamo, ci è sembrato che ci volesse una forza più grande e più azione per produrre un movimento che per fermarlo, poiché abbiamo preso l'azione per lo sforzo che è necessario che facciamo allo scopo di muovere le nostre membra e gli altri corpi per loro mezzo. Ma non avremo pena a liberarci di questo falso pregiudizio, se osserviamo che noi non facciamo solo qualche sforzo per muovere i corpi che sono vicini a noi, ma che ne facciamo anche per fermare i loro movimenti, quando non sono trattenuti da qualche altra causa. Così che noi non impieghiamo più azione per fare andare, per esempio, un battello che è in riposo in un'acqua calma e che non ha corso, che per fermarlo tutto di un tratto mentre si muove. E se l'esperienza ci fa vedere che ce ne vuole un po' meno per fermarlo che per farlo andare, gli è perché la pesantezza dell'acqua che esso solleva quando si muove e la sua viscosità (poiché io la suppongo calma e come dormiente) diminuiscono a poco a poco il suo movimento [...].

“Che Dio è la causa prima del movimento, e che ne conserva sempre una eguale quantità nell'universo.

[...]

La prima legge della natura: che ogni cosa resta nello stato in cui è, fino a che nulla la cambia.

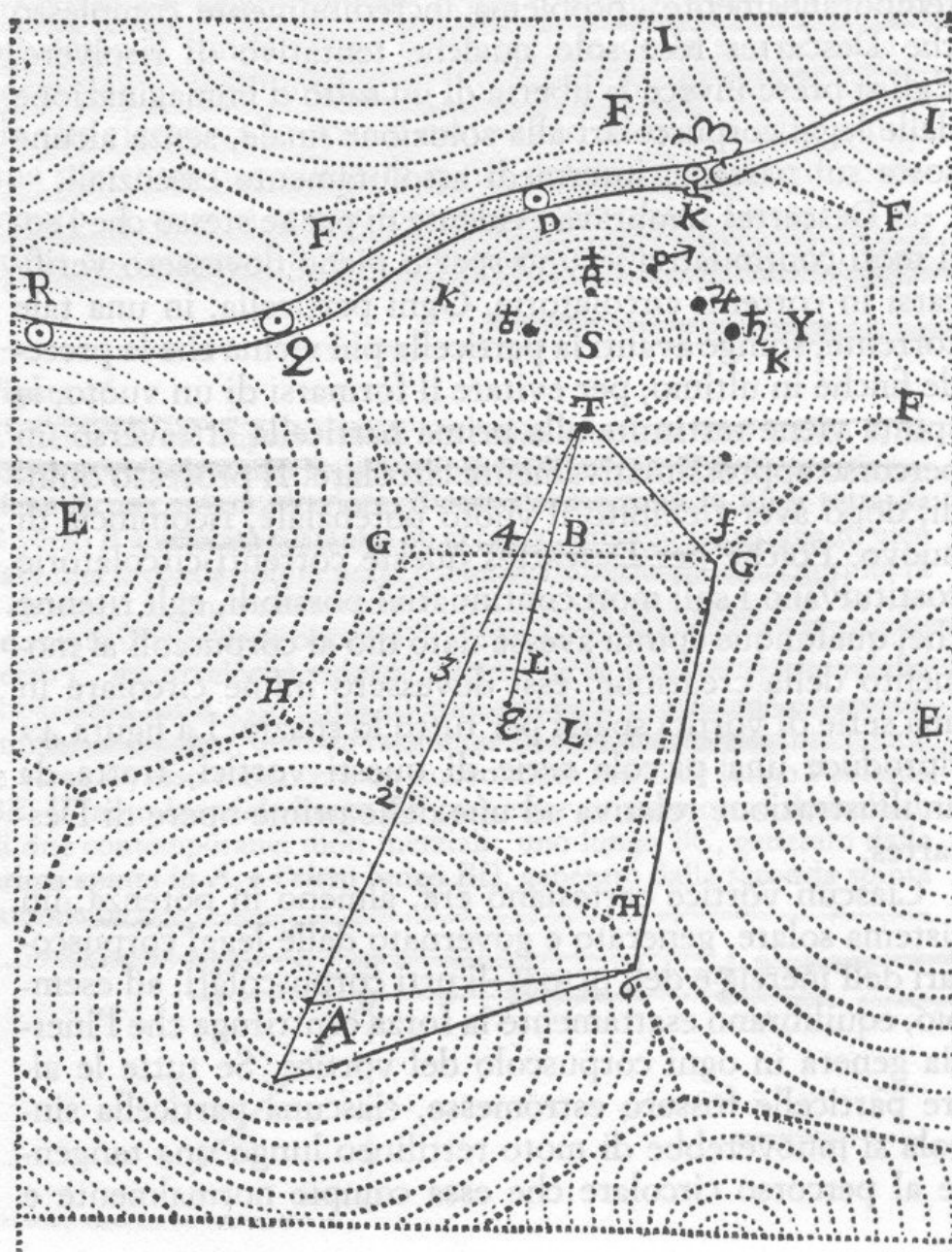
[...]

La seconda legge della natura: che ogni corpo che si muove tende a continuare il suo movimento in linea retta.

[...]

La terza: che se un corpo che si muove ne incontra un altro più forte di sé, non perde nulla del suo movimento, e se ne incontra un altro più debole che egli possa muovere, ne perde tanto quanto gliene dà”

La cosmologia dei vortici di Descartes tratta dal suo libro *Il mondo o Trattato sulla luce*. I punti *S*, *E*, *A*, ed ϵ sono i centri dei vortici. Il rapido e vorticoso moto dei corpuscoli centrali ammassati rende questi centri autoluminosi, cosicch  essi si comportano come stelle. I diversi cerchi punteggiati, che non   necessario siano esattamente circolari, rappresentano i percorsi delle correnti corpuscolari in perenne rotazione che compongono il vortice. I punti attorno al centro *S* sono pianeti trascinati dal flusso vorticale nelle loro orbite. Il corpo *C* che attraversa la parte alta del disegno   una cometa, la quale parte da un vortice all'altro in una regione dove il flusso   troppo lento per costringerla in un'orbita circolare continua. Altri vortici riempiono lo spazio al di fuori del disegno ed ognuno di essi rappresenta, almeno potenzialmente, nell'universo copernicano multipopolato di Cartesio, la posizione del sistema solare.



LA FILOSOFIA MECCANICA

- Cartesio e l'immagine dell'uomo come macchina
- La conoscenza dell'invisibile e il ricorso a modelli
 - Materia e moto
 - Leggi della meccanica e analogie con le macchine
- I presupposti del meccanicismo e le sue conseguenze per l'immagine del mondo

“Spiegare un fenomeno vuol dire costruire un modello meccanico che ‘sostituisce’ il fenomeno reale che si intende analizzare” (Rossi, p. 192)

“Il meccanicismo elimina ogni prospettiva di tipo antropomorfo nella considerazione della natura” (Rossi, p. 194)
- L'analogia tra conoscere e fare, tra arte e natura
- Meccanicismo e materialismo (Hobbes, Spinoza, Gassendi)
- La critica meccanicistica al materialismo (Boyle)
- La critica di Leibniz al meccanicismo
 - Il concetto di *vis viva* (vs materia e moto)
 - Il concetto di monade (vs corpuscolarismo e dualismo materia/pensiero)

“Accanto al cartesianesimo e al newtonianesimo, il leibnizianesimo sarà una delle grandi metafisiche influenti sulla scienza per tutto il Settecento e oltre” (Rossi, p. 209-10)

R. Descartes, L'homme, 1664 [ma terminato nel 1633]

Cfr. Rossi, pp. 198-201

5. Descartes: la macchina del corpo umano.

Suppongo che il corpo altro non sia se non una statua o macchina di terra che Dio forma espressamente per renderla più che possibile a noi somigliante: dimodoché, non solo le dà esteriormente il colorito e la forma di tutte le nostre membra, ma colloca nel suo interno tutti i pezzi richiesti perché possa camminare, mangiare, respirare, imitare, infine, tutte quelle nostre funzioni che si può immaginare procedano dalla nascita e dipendano soltanto dalla disposizione degli organi.

Vediamo orologi, fontane artificiali, mulini e altre macchine siffatte che, pur essendo opera di uomini, hanno tuttavia la forza di muoversi da sé in più modi; e in questa macchina, che suppongo fatta dalle mani di Dio, non potrei – mi pare – supporre tanta varietà di movimenti e tanto artificio da impedirvi di pensare che possano essergliene attribuiti anche di più.

[...]

Vi prego poi di considerare che tutte le funzioni da me attribuite a questa macchina, digestione dei cibi, battito del cuore e delle arterie, nutrizione e crescita delle membra, respirazione, veglia e sonno; recezione della luce, dei suoni, degli odori, dei sapori, del calore e di altre simili qualità negli organi dei sensi esterni; impressione delle loro idee nell'organo del senso comune e dell'immaginazione, ritenzione o impronta di tali idee nella memoria; movimenti interni degli appetiti e delle passioni; e infine movimenti esterni di tutte le membra, che tengon dietro così opportunamente tanto all'azione degli oggetti che si presentano ai sensi come alle passioni e impressioni che si trovano nella memoria da imitare nel modo più perfetto che sia possibile quelli d'un uomo vero: vi prego, dico, di considerare che tutte queste funzioni derivano naturalmente, in questa macchina, dalla sola disposizione dei suoi organi, né più né meno di come i movimenti di un orologio o di un altro automa derivano da quella dei contrappesi e delle ruote; sicché, per spiegarle, non occorre concepire nella macchina alcun'altra anima vegetativa o sensitiva, né altro principio di movimento e di vita oltre al suo sangue e ai suoi spiriti agitati dal calore del fuoco che brucia continuamente nel suo cuore, e che non è di natura diversa da tutti i fuochi che si trovano nei corpi inanimati.

Robert Boyle e la critica al meccanicismo cartesiano

Nato nel castello di Lismore, in Irlanda, il 25 gennaio 1627, settimo maschio tra i quattordici figli del conte di Cork, studiò ad Eton e a Ginevra e viaggiò per l'Europa; ritiratosi in una sua villa a Stalbridge, si dedicò agli studi e alle ricerche di scienze naturali finché, nel 1655, si trasferì a Oxford. Qui, oltre a continuare gli studi, influenzato forse dall'afflato nascente dallo scambio di vedute tra scienziati e filosofi (che egli aveva già notato nei suoi viaggi in Italia e in Francia), si dedicò allo sviluppo di una società scientifica, The Invisible College, la quale costituì il nucleo della Royal Society di Londra, fondata nel 1660. Boyle, nel 1668, si trasferì a Londra, ove si mantenne sempre attivo nel campo delle ricerche e della cultura, contribuendo particolarmente allo sviluppo della Royal Society. Morì nel 1691.

Cfr. Rossi, pp. 205-07

R. Boyle, About the excellency and grounds of the mechanical hypothesis, 1674

6. Boyle: eccellenza della filosofia corpuscolare o meccanica.

Quando parlo della filosofia corpuscolare o meccanica sono lontano dall'intendere con gli Epicurei che gli atomi, incontrandosi insieme per caso in un vuoto infinito, sono capaci da se stessi di produrre il mondo e i suoi fenomeni. E neppure concordo con alcuni filosofi moderni secondo i quali, supposto che Dio abbia introdotto nella massa totale della materia una determinata quantità invariabile di moto, non sarebbe stato più necessario che Egli facesse il mondo, le varie parti della materia essendo capaci, in virtù dei loro propri movimenti autonomi, di organizzarsi da sole in un tale « sistema » (come lo chiamano). Parlo invece in favore di una filosofia che riguardi le cose puramente corporee e che, distinguendo tra la prima origine delle cose e il successivo corso della natura, insegna, per ciò che concerne la prima origine, non solo che Dio conferì il moto alla materia, ma che all'inizio Egli guidò in modo tale i vari movimenti delle parti di essa da inserirle organicamente nel progetto del mondo che avrebbero dovuto formare (fornito dei principi seminali e delle strutture o modelli delle creature viventi) e da stabilire quelle regole del movimento e quell'ordine tra le cose corporee, che siamo soliti chiamare leggi della natura. E avendo detto questo riguardo al primo punto [la prima origine delle cose], si può asserire circa il secondo [il successivo corso della natura], che esso insegna quanto segue: una volta che l'universo è stato strutturato da Dio e sono state determinate le leggi del movimento, sorrette tutte dal suo incessante aiuto e dalla generale provvidenza, i fenomeni del mondo così

costituiti sono fisicamente prodotti dalle affezioni meccaniche delle parti della materia e dalle loro reciproche operazioni secondo le leggi della meccanica. Avendo ora mostrato di che genere sia la filosofia corpuscolare di cui parlo, procederò ad esporre alcune particolarità che penso siano le più adatte a raccomandarla.

Leibniz e la critica al meccanicismo

Gottfried Wilhelm Leibniz nacque a Lipsia il 21 giugno 1646, da una famiglia di accademici di vasta cultura. Frequentò inizialmente l'Università di Lipsia, dedicandosi a studi classici, per poi passare a quella di Jena, dove studiò matematica e scrisse la sua prima opera importante, la dissertazione *De arte combinatoria* (1666). Passò poi a studiare giurisprudenza, laureandosi ad Altdorf presso Norimberga; in quest'ultima città si affiliò alla società alchimistica dei Rosacroce nella quale poté iniziarsi alla ricerca naturalistica. Nel 1667 intraprese la carriera diplomatica al servizio del principe elettore di Magonza.

In questa carica (1668-1671) compose vari scritti politici e giuridici; inoltre si occupava di logica e di fisica e pubblicava i primi scritti. Nel 1672 fu inviato a Parigi al seguito di una missione diplomatica che doveva distogliere il re Luigi XIV dalla progettata invasione dell'Olanda, invogliandolo alla conquista dell'Egitto. Nel 1676 scopre il calcolo integrale, che però rese pubblico soltanto nel 1684 negli *Acta eruditorum*: ne nacque una polemica con Newton, che era già giunto alla stessa scoperta una decina di anni prima, sebbene Leibniz vi fosse pervenuto indipendentemente da lui.

Nel 1676 Leibniz diventa bibliotecario del duca di Hannover Giovanni Federico di Lüneburg, che gli affida anche altri incarichi. Nel 1700 fondò a Berlino quella che fu poi l'Accademia prussiana delle scienze, sul modello delle società di Parigi e di Londra. Morì ad Hannover il 14 novembre 1716.

Cfr. Rossi, pp. 208-214

9. *Leibniz: contro il troppo materialismo dei filosofi moderni.*

Se Dio è l'autore delle cose e se è sovranamente saggio, non si saprebbe mai ragionare abbastanza bene circa la struttura dell'universo senza farvi entrare le intenzioni ed i punti di vista della sua saggezza, allo stesso modo che non si saprebbe ragionare abbastanza bene su una costruzione senza penetrare i fini dell'architetto. Io ho allegato d'altronde un eccellente passo del *Fedone* di Platone (che è il dialogo della morte di Socrate) in cui il filosofo Anassimandro, che aveva posto l'esistenza di due principi, uno spirito intelligente e la materia, è biasimato per non aver impiegato tale intelligenza o saggezza nel progresso della sua opera, essendosi limitato alla figura e ai movimenti della materia: ed è appunto il caso dei nostri filosofi moderni troppo materialisti.

Ma (si dice) *in Fisica non si domanda affatto perché le cose sono, ma come esse sono*. Io rispondo invece che si domanda l'una e l'altra cosa. Sovente infatti il fine e l'uso aiutano a individuare il come, poiché conoscendo il fine si può meglio giudicare dei mezzi. Oltre al fatto che, per spiegare una macchina, non si saprebbe far meglio che interrogarsi sul suo scopo e mostrare come tutti i pezzi servono ad esso. Ciò può ugualmente essere utile a trovare l'origine dell'intenzione. Io vorrei che ci si servisse di questo metodo anche nella medicina. Il corpo degli esseri viventi è infatti una macchina nello stesso tempo idraulica, pneumatica e pirobolica il cui scopo è quello di trattenere un certo movimento: ora, mostrando ciò che serve a questo scopo e ciò che vi nuoce, si farebbe conoscere tanto la fisiologia che la terapeutica. Così si vede che le cause finali servono in fisica non soltanto per ammirare la saggezza di Dio, che è la cosa principale, ma ancora per conoscere le cose ed adoperarle.

MEDICINA E SCIENZE DELLA VITA NEL '600

- Il paradigma galenico in medicina e fisiologia

- Harvey e la circolazione del sangue (1628)

- La perfezione del moto circolare
- Il cuore come “sole” dell’organismo
- L’approccio quantitativo e sperimentale

“La dottrina harveyana della circolazione del sangue divenne il punto di partenza della nuova biologia meccanicista e si presentò come un vero e proprio rovesciamento della fisiologia galenica” (Rossi, p. 245)

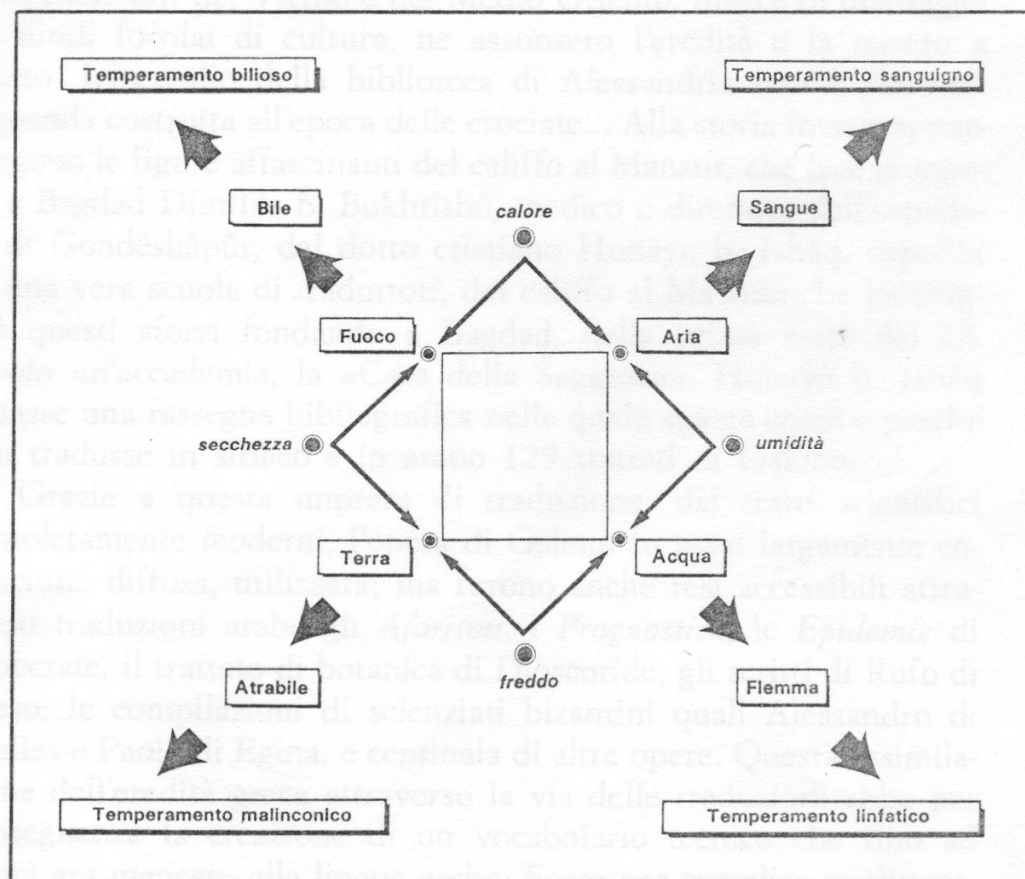
- Hooke e il microscopio: l’ampliamento dei sensi e la scoperta di nuovi mondi

- Il dibattito sulla generazione animale

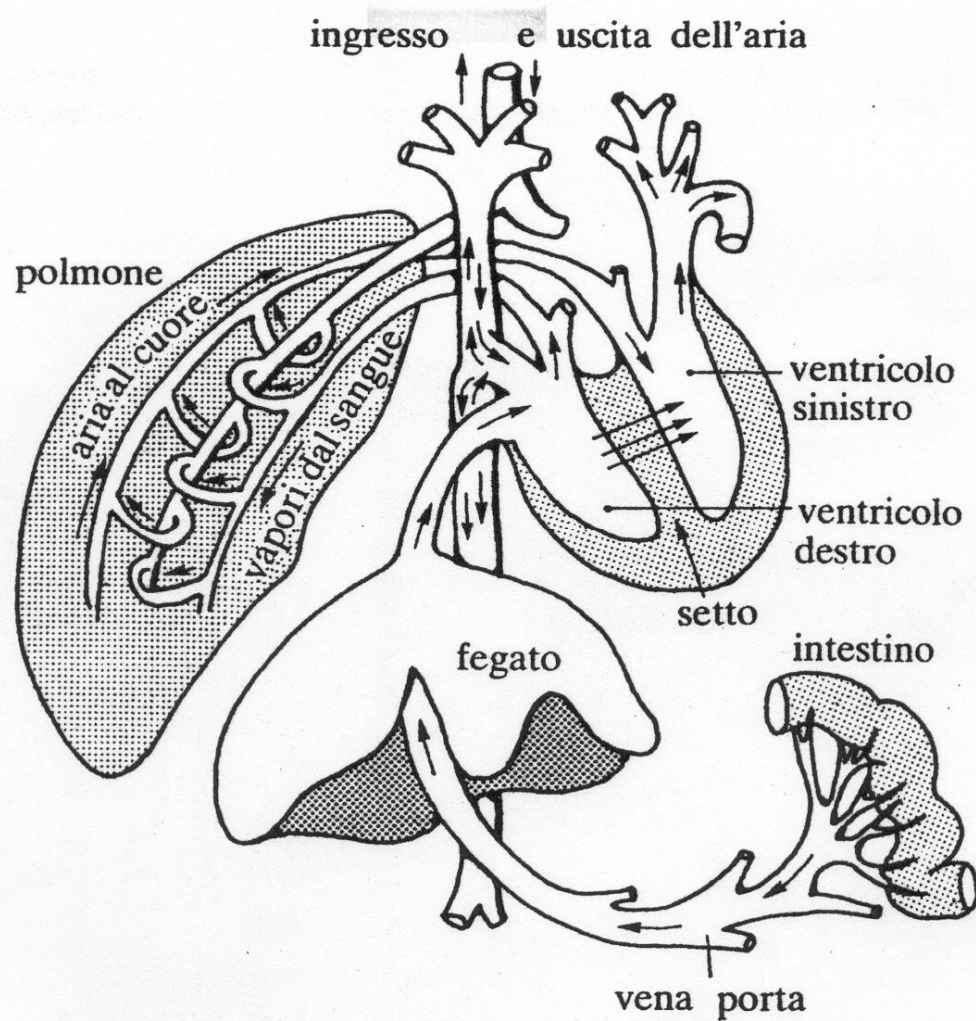
- L’ovismo
 - Harvey e il ruolo centrale dell’uovo nella generazione (1651)
 - Redi e la confutazione della generazione spontanea (1668)
 - de Graaf e l’osservazione delle uova nei vivipari (1672)
- L’animalculismo
 - Leeuwenhoek e la scoperta degli spermatozoi (1679)
 - Le critiche all’animalculismo
- La dottrina del preformismo
 - Malpighi e le osservazioni sull’embrione dei pulcini
 - Malebranche e il “sistema degli involuppi”

“Il preformismo elimina come inesistente il problema della formazione nel tempo degli organismi viventi e trasforma il problema della *generazione* in un problema di *crescita* [...]

Eliminando, per spiegare l’origine della vita, ogni ricorso a principi vitali e a ogni capacità di organizzazione presente nella materia, il preformismo si accordava assai bene con il meccanicismo.” (Rossi, pp. 252-53)



LA DOTTRINA DEGLI UMORI NELLA MEDICINA IPPOCRATICO-GALENICA



IL MOTO DEL SANGUE NELLA FISIOLOGIA GALENICA

Harvey e la circolazione del sangue

William Harvey nasce a Folkestone (nella regione inglese del Kent) nel 1578, studia a Cambridge e poi si trasferisce all'Università di Padova, dove si laurea in medicina nel 1602. Tornato in Inghilterra, Harvey viene eletto membro del College of Physicians di Londra e, nel 1609, nominato medico dell'ospedale londinese di S. Bartholomew. Nel 1618 diventa uno dei medici personali del re Giacomo I e, successivamente, di Carlo I, che assiste anche a parte dei suoi esperimenti anatomici e fisiologici. Harvey muore nel 1657.

Cfr. Rossi, pp. 243-248

W. Harvey, *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus*, 1628

Ci sia dato di chiamare « circolare » questo moto, allo stesso modo come Aristotele² dice che aria e pioggia imitano il moto circolare dei corpi celesti. Di fatto, l'umida terra, riscaldata dal sole, sprigiona vapori; i vapori si sollevano e si condensano; condensati in pioggia precipitano e tornano così, di nuovo, a bagnare la terra. Tale è, qui sulla terra, il ritmo stesso della vita e, parimenti, al moto circolare del sole, all'alternativo ritmo che lo accosta e lo allontana dalla terra si collega la vicenda delle stagioni e dei climi.

Così, verosimilmente, può accadere entro l'organismo, per il moto del sangue. Ogni parte vien nutrita, riscaldata, vivificata dal sangue che affluisce più caldo, ricco di vita, di spiriti e, per così dire, atto ad alimentare. Entro le diverse parti dell'organismo, per contro, il sangue si raffredda, si condensa, si esaurisce. Da esse il sangue ritorna al suo principio, cioè al cuore, come alla fonte stessa della vita o al lare [nume tutelare] dell'organismo per riacquistare nel cuore intera la sua perfezione. Qui, nel cuore, grazie al calore naturale potente e ardente che costituisce come il tesoro della vita, il sangue ridiventa più liquido, si arricchisce di spiriti e, per così dire, di balsami. E di nuovo poi torna a venir distribuito all'organismo. Tutto questo suo flusso e riflusso dipende dal moto e dalle pulsazioni del cuore.

Il cuore può quindi ben esser designato come il principio della vita e il sole del microcosmo, come analogamente il Sole può ben esser designato il cuore del mondo; è per virtù del cuore e dei suoi battiti che il sangue circola, acquista pienezza, viene reso atto a nutrire e si preserva dalla corruzione e dalla coagulazione. Nume tutelare, fondamento della vita, sorgente d'ogni forza vitale, il cuore serve l'intero organismo dando nutrimento, calore, vitalità. [...]

Hooke e il microscopio

Nato a Freshwater, nell'isola di Wight, nel 1635, fu uno dei più brillanti e versatili scienziati inglesi del XVII secolo. Frequentò, pur senza conseguire la laurea, l'Università di Oxford, dove entrò in contatto con il gruppo di studiosi, come John Wilkins (1614-1672), John Wallis (1616-1703), Christopher Wren (1632-1723), Robert Boyle (1627-1691), tra gli altri, che in seguito avrebbero costituito il primo nucleo della Royal Society. Fu un abilissimo inventore e costruttore di strumenti scientifici (il suo nome è legato a un tipo di microscopio). Formulò, inoltre, una teoria ondulatoria della luce che enunciò articolatamente nella *Micrographia*, del 1665. Dopo aver, per circa quindici anni (1662-1677), svolto le funzioni di curatore degli esperimenti della Royal Society, nel 1677 ne divenne Segretario, mantenendo la carica fino al 1682. Nel campo della pneumatica, il nome di Hooke è legato, in particolare, alla costruzione di una versione perfezionata della pompa pneumatica di Otto von Guericke (1602-1686), poi descritta da Boyle (1627-1691) – di cui fu assistente negli anni tra il 1657 e il 1662 – nei *New Experiments Physico-Mechanical* del 1660. Mediante un'ingegnosa serie di prove sperimentali condotte con questo strumento, Boyle e Hooke dimostrarono che gli effetti osservabili nell'esperimento torricelliano erano realmente dovuti all'aria e alla sua pressione, che il suono era impossibile nel vuoto e che l'aria era caratterizzata da una permanente elasticità. Morì nel 1702.

Cfr. Rossi, pp. 70-75

R. Hooke, *Micrographia*, Londra 1665

[...] Ogni incertezza ed errore delle azioni umane procedono infatti o dall'angustia e dallo smarrimento dei nostri sensi o dalla debolezza e incostanza della memoria, o dalla limitatezza o avventatezza dell'intelletto², così che non suscita meraviglia il fatto che il nostro potere sulle cause e gli effetti naturali si perfezioni così lentamente. Dobbiamo infatti lottare non solo con l'oscurità e la difficoltà delle cose su cui operiamo e pensiamo, ma anche le forze del nostro stesso spirito congiurano per tradirci. Ora, se questi sono i pericoli nel processo della ragione umana, i rimedi possono provenire solo dalla filosofia reale, meccanica e sperimentale la quale possiede questo vantaggio sulla filosofia del discorso e della disputa: che mentre questa tende fondamentalmente alla sottigliezza delle proprie deduzioni e conclusioni senza molto riguardo al lavoro che preventivamente deve essere svolto sul senso e la memoria, l'altra cerca il retto ordinamento di tutte queste facoltà e cerca di renderle utili l'una all'altra.

[...]

Riguardo alla prosecuzione di questo metodo nelle ricerche fisiche ho qui e là radunato un certo numero di osservazioni nella raccolta delle quali ho fatto uso del microscopio e di alcune altre lenti e strumenti che perfezionano i sensi. Ho preso questa strada non perché non vi fosse una moltitudine di cose utili e piacevoli – finora non indagate – da osservare facilmente senza l'aiuto dell'arte, ma solo per promuovere l'uso degli aiuti meccanici per i sensi. Essi consentono sia di esaminare il mondo già visibile, sia di scoprire molti altri mondi sinora sconosciuti e possono far sì che ci rendiamo conto che non abbiamo ancora ottenuto il possesso di un mondo quando ne restano molti altri da scoprire. Ogni considerevole perfezionamento del telescopio o del microscopio produce infatti nuovi mondi e terre incognite per la nostra vista.

Malpighi e il preformismo

Marcello Malpighi nasce a Crevalcore, vicino Bologna, nel 1628. Nel 1653 si laurea in medicina nell'Università bolognese, e tre anni dopo viene chiamato a Pisa a insegnare medicina teorica. Qui Malpighi conosce Giovanni Alfonso Borelli, esponente di spicco della scuola galileiana, che lo avvicina al meccanicismo e alla filosofia corpuscolare, e frequenta l'Accademia del Cimento (1657-1667). Nel 1662 Malpighi si trasferisce a Messina come professore di medicina pratica, ma quattro anni dopo torna a Bologna. Nel 1669 viene nominato *fellow*, cioè socio, della Royal Society di Londra, che gli pubblica tutte le opere successive. Nel 1691 lascia Bologna per Roma, dove diventa medico personale di papa Innocenzo XII e dove muore tre anni dopo, nel 1694.

Rossi, pp. 249-254

M. Malpighi, *Dissertatio epistolica de formatione pulli in ovo*, 1672

Alla grande Società Reale d'Inghilterra Marcello Malpighi
augura salute.

Nella costruzione di macchine, gli artigiani usano fabbricare preliminarmente le singole parti, in modo che prima si vedano separatamente i pezzi che debbono di poi venire fra loro compaginati. Alcuni naturalisti, interessati allo studio degli animali, speravano che ciò accadesse anche nelle opere della natura: infatti, essendo molto difficile sbrogliare la intricata struttura del corpo, era di giovamento esaminare nei primordi la formazione delle singole parti, ancora separate.

Temo però che la vita dei mortali sia chiusa entro confini troppo incerti e che l'inizio e la fine siano altrettanto oscuri. La morte, al dire di Tullio¹, non appartiene né ai vivi né ai morti. Penso che alcunché di simile avvenga nel primissimo inizio degli animali. Infatti, studiando con cura la formazione degli animali dall'uovo, osserviamo nell'uovo stesso l'animale già abbozzato, talché ne viene frustrato il nostro lavoro: e non avendo colto il primo sorgere, siamo costretti ad aspettare che le parti vadano successivamente manifestandosi.

In uova deposte il giorno precedente e non ancora covate – come osservai nello scorso mese di agosto, mentre faceva molto caldo – la cicatrice aveva la grandezza *A*, da me rozza-
mente disegnata qui (*fig. 1*), e nel suo centro si scorgeva (*fig. 2*) un sacco² di color cinereo *B*, a volte ovale, e a volte altrimenti configurato. Questo sacco, o follicolo, gal-

leggiava nel liquido di colliquamento⁴ *C*, simile a vetro fuso, che era contenuto in una fossetta irregolare⁵: infatti il medesimo colliquamento era circondato, a guisa di argine, da un candido cerchio *D* di sostanza solida⁶, e la sua porzione esterna era bagnata dal fuso e liquido umore *E*. Veniva subito dopo la sostanza *F* poco ampia, spesso variamente frastagliata, e parimenti immersa nell'umore *G*.

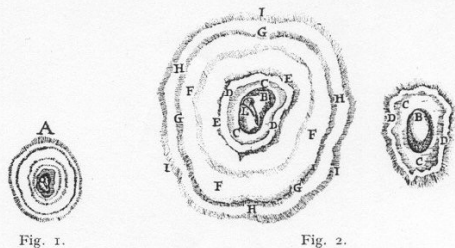


Fig. 1.

Fig. 2.

Altri cerchi più ampi *H*, formati dalla medesima sostanza più solida, si susseguivano con l'interposizione di rivoli *I* di liquido. La natura non fece tutti in ugual modo i cerchi *H* soprattutto più esterni; né sempre questi si estendono con sostanza continua.

Esponendolo ai raggi del sole, scorsi poi il feto⁷ *L* rinchiuso nel sacco, come in un amnio⁸; e il capo del feto⁹

chiaramente emergeva assieme agli abbozzi della appesa carena¹⁰: infatti il rado e diafano contesto dell'amnio era spesso trasparente, talché appariva l'animale in esso incluso. Con la punta di un ago apersi più volte il follicolo, perché venisse alla luce l'animale in esso contenuto; ma invano, perché ogni cosa era talmente mucosa e talmente piccola, che veniva lacerata al minimo tocco.

È quindi il caso di riconoscere che gli abbozzi del pulcino preesistono nell'uovo, e ripetono un'origine più profonda, non diversamente che nelle uova delle piante.

Mi piacque di osservare (*fig. 3*) anche la cicatrice in uova subventanee¹¹: questa era per lo più molto piccola



Fig. 3.

e, malgrado i contorni e la struttura fossero variabili, presentava più frequentemente l'aspetto disegnato in *A*. Non lungi dal centro era collocato *B* un corpo globoso candido o cinereo, come una mola, che, dilacerato, non presentava alcun corpo particolare da esso diverso. Questo corpo aveva delle appendici reticolari *C*, i cui intervalli erano variamente configurati, non raramente ovali, ed erano ripieni di colliquamento diafano: infine, tutta questa massa era circondata da più cerchi, a guisa di iride.

LA STORIA DELLA NATURA E LE ORIGINI DELLA TERRA

- **La dimensione temporale nella storia naturale**
- **La natura dei fossili: pietre od organismi?**
 - **Hooke e la storia della terra**
 - **Stensen e la formazione degli strati geologici**
 - **Scilla e la natura animale dei fossili**

- **La teoria sacra della terra di Burnet**

“L’immagine di un universo come processo di decadimento si conciliava male con l’idea, assai forte nella tradizione newtoniana, di un universo ammirevole nel quale continuamente traspare la benevolente azione di Dio” (Rossi, p. 265)

- **Leibniz e il ‘preformismo geologico’**

Thomas Burnet e l’origine della terra

Thomas Burnet nacque intorno al 1635 in un villaggio vicino a Darlington, nel nord-est dell’Inghilterra. Studiò a Cambridge, interessandosi soprattutto di teologia e cosmologia. Presi i voti, viaggiò in Europa per poi stabilirsi presso la corte di Guglielmo III, di cui divenne cappellano reale. In seguito alle aspre critiche rivolte ai suoi lavori da altri teologi e da alcuni filosofi newtoniani, Burnet fu però costretto a dimettersi dai suoi incarichi a corte. Morì nel 1715.

Cfr. Rossi, cap. 13

3. Burnet: dalla Terra originaria alla Terra attuale.

Più sopra abbiamo asserito che nel nostro globo rimangono alcuni indizi di una distruzione universale che mostrano come tutta la superficie terrestre sia stata frantumata e rimossa dal suo luogo naturale. Indizi di tal genere sono l'innalzamento delle parti mediterranee, il loro declinare verso il mare, la stessa inclinazione dell'alveo

marino verso il mezzo. Che una tale distruzione sia stata improvvisa, che sia avvenuta quasi ovunque simultaneamente, si sia verificata in tempi antichissimi, sia stata provocata da cause singolari che oggi non sussistono, non risulta tanto dalle ragioni del diluvio, quanto dal fatto che ai nostri giorni non accade niente di simile e niente di simile ci hanno raccontato i più antichi scrittori.

Due sono le ipotesi – oltre la nostra – circa il sorgere dei monti, delle cavità marine, e di tutti i restanti dislivelli che si trovano nella struttura odierna della Terra. E di esse una concorda con la nostra in quanto ammette che la superficie terrestre si sia modificata mediante sgretolamenti e distruzioni, ma solo particolari e quotidiane, quali di solito sono prodotte dalle acque, dal fuoco, dai vapori sotterranei. L'altra opinione invece non ammette nessuna rovina come causa dei suddetti fenomeni, ma asserisce che la Terra venne prodotta immediatamente da Dio nella forma che essa ha attualmente.

[...]

Per dire tutto in una parola, se consideriamo l'immensa quantità delle acque del nostro pianeta, la grandezza e quantità dei monti, le regioni a stento abitabili per l'inclemenza delle condizioni atmosferiche, i deserti, le terre sterili ed infine i luoghi palustri e le caverne sotterranee, dovremo confessare che la principale e maggior parte del nostro globo è dedicata ai pesci, alle bestie feroci e ai rettili: cosicché ci sembra di poter chiedere a buon diritto alla Natura di dividere l'eredità. Pertanto questo mondo di pesci, di bestie feroci e di rettili, questo mondo unigenito, se così posso esprimermi, è giusto che lo reputiamo il mondo di Dio? Ciò significherebbe, mi sembra, offendere la grandezza di Dio e quella del genere umano.

LA NASCITA DELLE ACCADEMIE SCIENTIFICHE

- Le università in età moderna
- Le prime accademie scientifiche
 - L'accademia dei Lincei
 - L'accademia del Cimento

“Alla radice delle accademie sta una domanda di lavoro collettiva, che sfocia nella costruzione di un *soggetto collettivo*, sta soprattutto l'esigenza di sottoporre i prodotti dell'ingegno alla critica degli altri e a un pubblico controllo” (Rossi, p. 303)

- La Royal Society di Londra
 - Il progetto baconiano
 - Il ruolo centrale della stampa (*Philosophical Transactions*)
 - L'ideale della “repubblica letteraria”
- L'Académie royale des sciences di Parigi e il ruolo dello Stato
- L'Istituto delle Scienze di Bologna: conservazione, ricerca e didattica

“[E' stata] la rivoluzione scientifica a dar vita a vere e proprie alternative alla cultura universitaria, a creare *luoghi diversi* di costruzione e di trasmissione del sapere” (Rossi, p. 302)

Federico Cesi e l'Accademia dei Lincei

Federico Cesi (1586-1630) era un patrizio umbro-romano, appassionato studioso di scienze naturali, soprattutto di botanica. Per promuovere e coltivare questi studi naturalistici, egli fondò a Roma nel 1603 un sodalizio con tre giovani amici, l'olandese *Giovanni Heckius* (italianizzato in "Ecchio"), e gli umbri *Francesco Stelluti* e *Anastasio de Filiis*, denominando la loro compagnia come Accademia dei Lincei, per l'eccezionale acutezza di sguardo attribuita alla lince, un felino di ancor non estinta specie, preso a simbolo della dotta compagnia di studiosi. Oggetto del suo studio, nel disegno del *Cesi*, erano tutte le scienze della natura, da indagarsi con libera osservazione sperimentale, di là da ogni vincolo di tradizione e autorità. È questa la gran novità che caratterizza fin dal loro nascere i Lincei, tra la folla di Accademie di cui fu ricca la società italiana del Cinquecento e Seicento: l'interesse portato essenzialmente sulle scienze della natura (la più parte di quelle di altre Accademie era invece letteraria e parolaia), e un atteggiamento di rispetto ma non di vincolo nei confronti della precedente tradizione aristotelico-tolemaica, che la nuova scienza sperimentale rimetteva talora in discussione.

Cfr. Rossi, pp. 299-307

F. Cesi, Del natural desiderio di sapere et istituzione de' Lincei per adempimento di esso, 1616

[...] Di modo che, mancando un'ordinata istituzione, una milizia filosofica per impresa sì degna, sì grande e sì propria dell'uomo qual'è l'acquisto della sapienza, e particolarmente con i mezzi delle principali discipline, è stata a questo fine et intento eretta l'Academia o vero consesso de' Lincei, quale con proporzionata unione de' soggetti atti e preparati a tal opra, procuri, ben regolata, supplire a tutti li sopradetti difetti e mancamenti, rimuovere tutti li ostacoli et impedimenti et adempire questo buon desiderio, propostasi l'oculatissima lince per continuo sprone e ricordo di procacciarsi quell'acutezza e penetrazione dell'occhio della mente che è necessaria alla notizia delle cose, e di risguardar minuta e diligentemente, e fuori e dentro, per quanto lece, gli oggetti tutti che si presentano in questo gran teatro della natura.

Questa, coltivando particolarmente questi due gran

campi delle filosofiche e matematiche dottrine et ornandosi delle filologiche e poetiche erudizioni, averà appunto abbracciate le parti più abbandonate, più bisognose, e più atte a saziar il natural appetito e darci la cognizione della natura, e professarà quelle che d'altri o niente o solamente per passaggio sogliono esser tocche, mentre le altre, per fine molto diverso dallo stesso sapere che in queste schiettamente si pretende, hanno pur qualche seguito.

In questo proponimento vigorosamente unita premerà con tutte le forze e mezzi e con ogni buon ordine e reggimento, non omettendo aiuto, non diligenza alcuna che o sia necessaria o possa giovare a tanta opra.

Sarà primieramente libera da tutte le occupazioni e brighe dipendenti dal corpo, provvista nelli bisogni d'esso per il vitto ordinario e sanità e per tutti li requisiti di questi, non per guadagno procurato con le studiose fatiche indirizzate sinistramente a questo, come avviene a medici e legisti, che, subito dopo il corso, sogliono ottenerlo, che qui né puole né deve aspettarsi, ma per stabilimento di luoghi ed entrate particolari, del che queste nobili professioni sole tra l'altre sono state sin ora prive affatto, avendo pur quelle⁴ e Seminarii e Collegii che in qualche parte e qualche tempo le provvedono e doppo il frutto dell'istesso esercizio. Questa esenzione e libertà sarà insieme dalli negozi e domestici e familiari e da qualsivoglia strepito e molestia che in tali luoghi così provisti cessarono affatto e vi sarà in vece quella quiete che, per inalzar la mente e mantenerla sempre valorosa nell'opra, fa di mestieri.

Né sarà questa limitata ad anni o terminata con corso, laurea, o tempo prefisso, ma con la vita stessa de' sog-

getti, dovendo accompagnare il studioso lavoro per il quale deve parer breve la vita, nonché avanti di quella si pensi a terminarlo; sarà dunque assiduo, indifesso, anzi sempre maggiore senz'alcun interrompimento o stanchezza; né si restringerà alli scritti o detti di questo o quello maestro, ma in esercizio universale di contemplazione e pratica si riceverà sempre e cercherà qualsivoglia cognizione che per nostra propria invenzione o per altrui comunicazione ci possa venire.

Oldenburg e la Royal Society di Londra

Henry Oldenburg (1615?-1677) fu attivissimo Segretario della Royal Society di Londra dal 1662 al 1677, anno della sua morte. Ebbe una stabile e importante amicizia con Baruch Spinoza (1632-1677) e fu in corrispondenza con i massimi ingegni europei. Nel 1665 fondò il primo periodico scientifico europeo, le "Philosophical Transactions", che divenne presto uno straordinario strumento di diffusione delle nuove idee scientifiche.

Cfr. Rossi, pp. 310-15

H. Oldenburg, Introduction, "Philosophical Transactions of the Royal Society of London", vol. 1, 1664-1665

[...] Poiché non c'è niente di più necessario per promuovere l'incremento delle discipline filosofiche che comunicare a chi applica il proprio studio ed i propri sforzi su questa strada, quelle cose che sono scoperte e messe in pratica da altri, si è pensato opportuno di impiegare la stampa come mezzo migliore per compensare coloro il cui impegno in tali studi e diletto nel far progredire il sapere e le cui utili scoperte, rendono adatti alla comprensione di ciò che questo Regno o altre parti del mondo di tempo in tempo offrono, sia nel campo del progresso generale degli Studi, dei lavori e tentativi di uomini desiderosi di sapere e di studiosi versati in cose di questo genere, sia delle loro scoperte e realizzazioni: si è pensato infine che tali produzioni, essendo comunicate con chiarezza e verità, dopo solida e utile conoscenza possono nutrire aspirazioni e far coltivare tentativi e imprese; e coloro che si dedicano e sono competenti in tali materie possono essere invitati e incoraggiati a ricercare, sperimentare e scoprire nuove cose, a comunicare le loro conoscenze l'un l'altro e contribuire per quanto possibile, al grande disegno di arricchire la conoscenza della natura e perfezionare tutte le arti e le scienze filosofiche. Tutto per la gloria di Dio, l'onore e il profitto di questo Regno ed il bene universale dell'Umanità.

NEWTON: LA NUOVA FISICA

- La sintesi tra sperimentalismo e matematica
 - Il modello della geometria euclidea
 - I principi della natura: materia, moto e spazio
- “... il flusso eterno e uniforme del tempo (tempo assoluto) e l'estensione infinita dello spazio (spazio assoluto) costituiscono per Newton le coordinate alle quali è necessario fare ricorso per definire, al limite, lo stato di quiete o di moto dei corpi” (Rossi, p. 320)**
- Le definizioni: massa, momento e forza
 - Gli assiomi o leggi del moto
 - La dimostrazione delle leggi di Keplero
 - La dimostrazione della falsità della fisica dei vortici di Cartesio

Isaac Newton nacque a Woolsthorpe, nel Lincolnshire, il 25 dicembre 1642. Nel 1655 iniziò a frequentare il liceo nella vicina Grantham. Nel 1661 fu ammesso a frequentare il Trinity College di Cambridge, dove iniziò a studiare i testi dei maggiori scienziati del suo secolo e del passato. Nell'agosto del 1665 Newton si ritirò nel paese nativo a causa della peste che dilagava in Inghilterra, e vi rimase fino all'anno successivo: fu questo l'«*annus mirabilis*» di Newton, perché durante quel ritiro il fisico inglese ottenne importanti risultati nei suoi studi di matematica, meccanica e ottica. Al suo ritorno a Cambridge Newton conseguì i suoi gradi universitari e nel 1669 successe al suo maestro nella cattedra di matematica. Nel 1671 venne presentato il suo telescopio a riflessione (che ancora oggi porta il suo nome) alla Royal Society di Londra, della quale divenne membro l'anno seguente. Sempre nel 1672 presentò alla Royal Society la famosa memoria intitolata *Nuova teoria della luce e dei colori*. Successivamente si dedicò agli studi alchemici e teologici, fino al 1684, quando, a seguito della visita dell'astronomo Edmund Halley a Cambridge, fu sollecitato ad occuparsi nuovamente di dinamica del moto planetario. Così, dopo tra anni di duro lavoro, nel 1687, diede alle stampe i *Principi matematici di filosofia naturale*, una delle più grandi opere della scienza di tutti i tempi. Divenuto uno scienziato famoso in tutta Europa, nel 1696 Newton si trasferì a Londra, con la nomina di governatore della Zecca, di cui divenne direttore nel 1700. Nel 1703 fu eletto presidente della Royal Society. Nel 1704 pubblicò la prima edizione inglese dell'*Ottica* (la prima edizione latina uscì nel 1706). Negli anni successivi curò le diverse edizioni successive delle sue opere: la seconda (1713) e terza (1726) edizione dei *Principi*, nonché la seconda edizione inglese dell'*Ottica* (1717). Morì a Kensington (Londra) nel 1727.

Cfr. Rossi, cap. 17

NEWTON: LE 'REGOLE DEL FILOSOFARE' E LA LEGGE DI GRAVITAZIONE UNIVERSALE

- **Semplicità, uniformità e omogeneità della natura**
 - **L'induzione come fondamento del metodo scientifico e la sua matrice aristotelica**
- “Può sembrare paradossale che le regole della scienza moderna discendano indirettamente da Aristotele. Tuttavia, ... occorre riconoscere che i moderni, prima di innovare, hanno selezionato, imitato e trasformato una grande quantità di temi provenienti, più o meno direttamente, dal pensiero antico” (Mamiani, p. 213)**
- **Le regole newtoniane e le regole del metodo di Cartesio**
 - **Interpretazione della natura e interpretazione delle Scritture**
 - **La legge di gravitazione universale e il nuovo sistema del mondo**
- “Ne risultava un quadro unitario del mondo e una definitiva riunione della fisica terrestre e della fisica celeste. Cadeva il dogma di una differenza essenziale fra i cieli e la terra, fra la meccanica e l'astronomia, e veniva anche spezzato quel 'mito della circolarità' che aveva condizionato per più di un millennio lo sviluppo della fisica e che aveva pesato anche sul discorso di Galilei” (Rossi, p. 325)**

I. Newton, *Philosophiae naturalis principia mathematica*, 1687

Nota: le regulae philosophandi furono aggiunte da Newton nella seconda edizione dei Principia (1713); la quarta regola fu inserita nella terza edizione (1726)

5. Newton: le regole del filosofare.

Regola I: *Degli eventi naturali non si devono ammettere cause più numerose di quelle che sono vere e sono sufficienti a spiegare i fenomeni.*

Dicono i filosofi: la natura non fa nulla invano; e inutilmente viene fatto con molte cose ciò che può esser fatto con poche. La natura infatti è semplice e non sovrabbonda di cause superflue.

Regola II: *Perciò, nella misura in cui può essere fatto, ad effetti naturali dello stesso genere devono essere attribuite le stesse cause.*

Come alla respirazione nell'uomo e nelle bestie, alla caduta di pietre in Europa e in America, alla riflessione della luce sulla Terra e sui pianeti.

Regola III: *Le qualità dei corpi che non possono essere aumentate né diminuite, e quelle che appartengono a tutti i corpi sui quali è possibile svolgere esperimenti, devono essere ritenute qualità di tutti i corpi.*

Le qualità dei corpi infatti si fanno conoscere soltanto mediante esperimenti, e perciò devono essere ritenute generali tutte quelle che si accordano in generale con gli esperimenti e quelle che non possono essere diminuite, non possono neppure essere tolte. Certamente contro il progresso degli esperimenti non devono essere costruiti irragionevolmente dei sogni, né ci si deve allontanare dall'analogia con la natura, dato che essa suole essere semplice e sempre conforme a se stessa. L'estensione dei corpi si fa conoscere soltanto per mezzo dei sensi e non è percepita da tutti, ma in quanto appartiene a tutte le cose sensibili, è affermata in tutte le cose. Si è sperimen-

tato che molti corpi sono duri: ma la durezza del tutto nasce dalla durezza delle parti, quindi possiamo ben concludere che non soltanto sono dure le particelle indivise di quei corpi che vengono percepiti, ma anche tutti gli altri. Che tutti i corpi siano impenetrabili lo deduciamo non con la ragione, ma col senso. Le cose che maneggiamo le troviamo impenetrabili: ne concludiamo quindi che l'impenetrabilità è una proprietà di tutti i corpi. Che tutti i corpi siano mobili e che per effetto di certe forze (che chiamiamo *vires inertiae*) perseverino nel loro moto o nella loro quiete, lo ricaviamo da simili proprietà osservate nei corpi. Estensione, durezza, impenetrabilità, mobilità e forza d'inerzia del tutto, risultano dalle estensione, durezza, impenetrabilità, mobilità e forza d'inerzia delle parti. Di qui concludiamo che le particelle ultime di tutti i corpi sono estese, dure, impenetrabili, mobili e dotate delle loro proprie forze d'inerzia. E questo è il fondamento dell'intera filosofia.

[...]

Infine, se da esperimenti e osservazioni astronomiche risulta che tutti i corpi che ruotano intorno alla Terra gravitano verso di essa, e ciò in relazione alla quantità di materia propria a ciascuno, che la Luna gravita verso la Terra in relazione alla propria quantità di materia e che il nostro mare gravita a sua volta verso la Luna e che tutti i pianeti gravitano l'uno verso l'altro, e le comete allo stesso modo verso il Sole, allora si dovrà dire che in virtù di questa regola tutti i corpi gravitano vicendevolmente l'uno verso l'altro. Infatti l'argomento ricavato dai fenomeni circa la gravità universale, sarà anche più forte di quello concernente l'impenetrabilità dei corpi, sulla quale non abbiamo nessun esperimento e nessuna osservazione fatta direttamente sui corpi celesti. Non affermo che la gravità è essenziale a tutti i corpi: col termine forza insita (*vis insita*) intendo solo la loro forza di inerzia (*vis inertiae*). Essa è immutabile. La loro gravità diminuisce a misura che essi si allontanano dalla Terra.

Regola IV: Nella filosofia sperimentale le proposizioni ricavate per induzione dai fenomeni, malgrado le ipotesi contrarie, devono essere considerate vere o rigorosamente o quanto più possibile, fino a che non si presentino altri fenomeni mediante i quali o sono rese più rigorose o fatte suscettibili di eccezioni.

Dobbiamo seguire questa regola affinché l'argomento dell'induzione non sia eliminato mediante ipotesi¹.

NEWTON: LO 'SCOLIO GENERALE' E LA CRITICA AL MECCANICISMO CARTESIANO

- **Natura e Dio**
 - La regolarità e l'ordine del mondo; il progetto e la potenza di Dio
 - Dio come Signore del mondo
- **Gravità e meccanicismo**
 - La forza di gravità: sperimentalismo e matematica
 - La forza di gravità: l'insufficienza dei principi meccanici
- **Il rifiuto delle ipotesi**

“La fisica cartesiana e, in genere, l'impostazione meccanicistica tendevano a ricondurre tutti i fenomeni a movimenti a loro volta riconducibili a un modello noto (urto, pressione ecc.). La fisica newtoniana faceva ricorso a una 'azione a distanza' che non sembrava immediatamente riconducibile a un modello meccanico. ... L'intreccio di meccanicismo e deismo che poteva ricavarsi dalla filosofia di Newton dominerà largamente la cultura dell'età dell'Illuminismo”
(Rossi, pp. 326-27)

Newton: lo scolio generale

Nella seconda edizione dei *Philosophiae naturalis principia mathematica* (1713) Newton aggiunge, alla fine del terzo libro, uno “Scolio generale”, nel quale affronta il tema del rapporto tra natura e Dio e ritorna sul problema della gravità.

Cfr. Rossi, pp. 325-27

[...] I sei principali pianeti ruotano intorno al Sole in cerchi concentrici al Sole con moto orientato nella stessa direzione e all'incirca sul medesimo piano. Dieci lune ruotano intorno alla Terra, a Giove e a Saturno in cerchi concentrici con moto orientato nella stessa direzione e approssimativamente sui piani delle orbite dei pianeti. E tutti questi moti regolari non traggono origine da cause meccaniche; le comete infatti sono trasportate liberamente in tutte le parti del cielo secondo orbite fortemente eccentriche. E per questo moto le comete passano molto rapidamente e facilmente attraverso le orbite dei pianeti; e nei propri afelii dove sono più lente e indugiano più a lungo, sono così distanti le une dalle altre che si attirano reciprocamente in misura minima. Questa elegantissima compagine del Sole, dei pianeti e delle comete non poté sorgere senza il progetto e la potenza di un ente intelligente e potente. E se le stelle fisse sono a loro volta centri di sistemi analoghi, tutti questi, essendo costruiti con identico disegno, saranno soggetti al potere dell'Uno: soprattutto in quanto la luce delle stelle fisse è della medesima natura della luce del Sole e tutti i sistemi inviano la luce reciprocamente verso tutti gli altri. E affinché i sistemi delle stelle fisse non cadano l'uno sull'altro, a causa della gravità, Egli pose una distanza immensa tra loro.

Egli regge tutte le cose non come anima del mondo, ma come signore di tutti gli universi e per il suo dominio suole essere chiamato Signore Dio παντοκράτωρ [dominatore universale].

[...]

Finora ho spiegato i fenomeni del cielo e del nostro mare ricorrendo alla forza di gravità, ma non ho stabilito la causa della gravità. Questa forza nasce completamente da una causa che penetra fino al centro del Sole e dei pianeti, senza diminuzione della capacità ed opera non in rapporto alla quantità delle *superfici* delle particelle su cui agisce (come sogliono fare le cause meccaniche), ma in rapporto alle quantità di materia *solida*. E la sua azione si estende dovunque per distanze immense, decrescendo sempre in ragione inversa al quadrato delle distanze. La gravità verso il Sole è composta della gravità verso le singole particelle del Sole e allontanandosi dal Sole decresce sempre in ragione inversa del quadrato delle distanze fino all'orbita di Saturno, come risulta manifesto dalla quiete degli afelii dei pianeti e fino agli ultimi afelii delle comete, se pure anch'essi sono in quiete. In verità non sono ancora riuscito a dedurre dai fenomeni la ragione di queste proprietà della gravità, e non invento ipotesi. Tutto ciò infatti che non si deduce dai fenomeni deve esser chiamato *ipotesi*, e per le ipotesi sia quelle metafisiche che quelle fisiche, sia delle qualità occulte, sia meccaniche non c'è posto nella filosofia sperimentale. In tale filosofia infatti le proposizioni sono dedotte dai fenomeni e sono rese generali per induzione: fu così che diventarono note l'impenetrabilità, la mobilità e l'impulso dei corpi, le leggi del moto e la gravità. Ed è sufficiente che la gravità esista di fatto, agisca secondo le leggi da noi esposte e sia in grado di spiegare i movimenti dei corpi celesti e del nostro mare.

NEWTON: L'OTTICA

- La nuova concezione della luce e dei colori
 - La luce è costituita da raggi distinti (cfr. fig. 18)
 - I colori sono proprietà dei raggi luminosi (cfr. fig. 2)
- Teorie corpuscolari e teorie ondulatorie della luce
- Le “queries” dell’*Opticks*
 - L’unificazione di fisica e chimica
 - I principi attivi e l’intervento divino

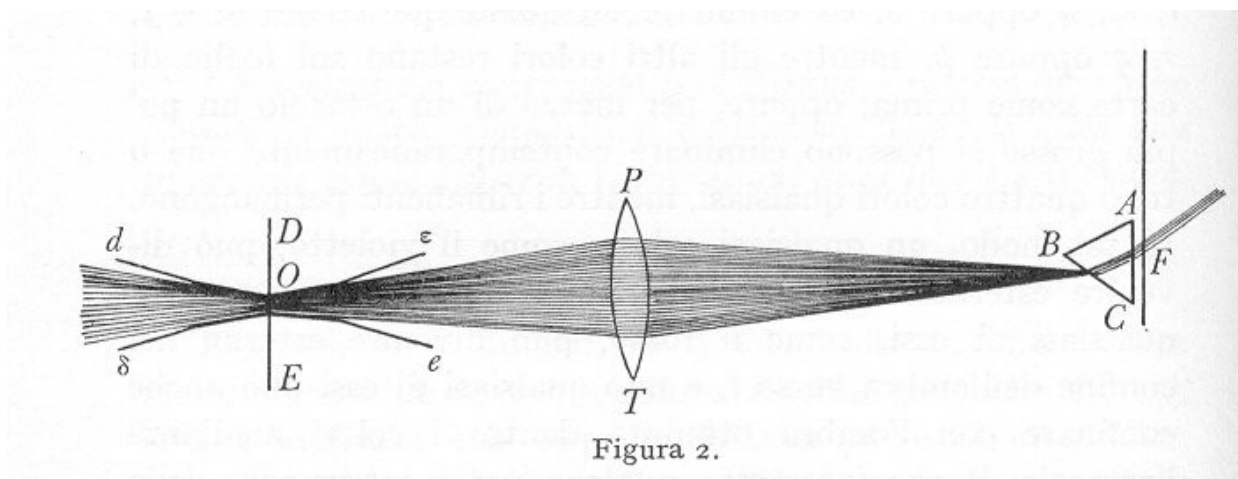
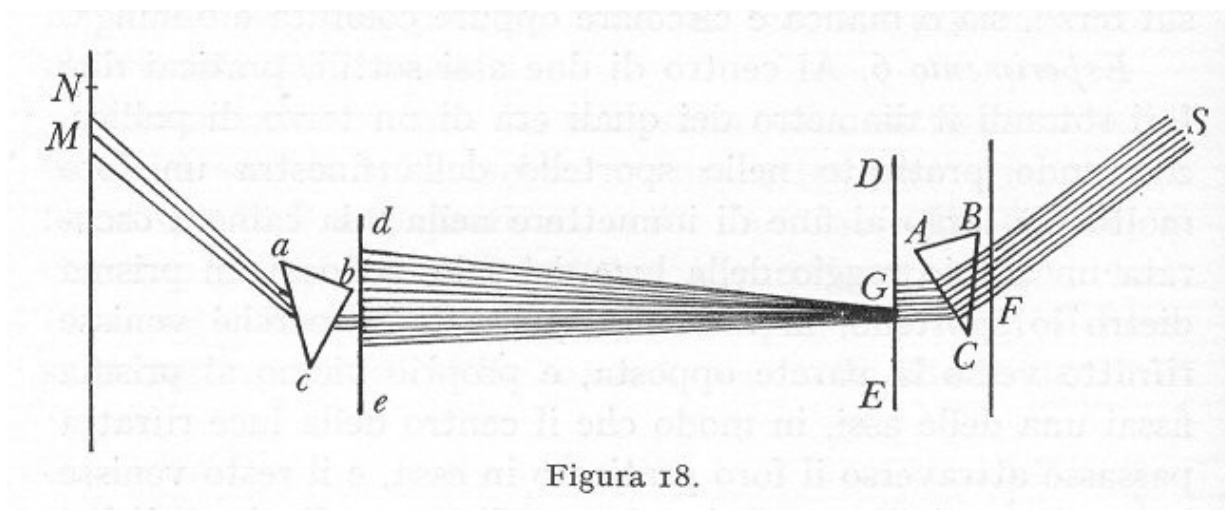
“Il Dio di Newton – che crea un universo capace di esistere per molte età e non per l’eternità e che richiede di tanto in tanto delle riforme – apparirà a Leibniz un pessimo orologiaio” (Rossi, p. 341)

- Newton e la religione

“L’opera di Newton [si trova] su un piano assai diverso da quello, irrimediabilmente obsoleto, delle interpretazioni di Newton come *scienziato positivo* o delle celebrazioni di Newton come primo grande scienziato moderno” (Rossi, p. 358)

- Newton e la rivoluzione scientifica

“L’opera di Newton è una grande sintesi della rivoluzione scientifica del Seicento, una sistemazione geniale dei principi fondamentali che avevano portato al tramonto della fisica aristotelica. Nello stesso tempo, è anche l’esempio di un metodo che, secondo Newton, la conoscenza filosofica doveva assumere e mantenere. Il risultato del primo aspetto del lavoro di Newton porterà alla costruzione di quell’edificio che si è soliti chiamare fisica classica. Il secondo aspetto diverrà la metodologia scientifica dominante, da cui la filosofia ben presto si affrancherà (o viceversa, come viene più spesso affermato)” (Mamiani, Introduzione a Newton, p. 94)



DUE ESPERIMENTI SULLE PROPRIETA' DELLA LUCE CONTENUTI NELL'OPTICKS DI NEWTON

Newton: le “queries” dell’*Opticks*

Alla fine del III libro dell’*Opticks*, Newton aggiunse delle riflessioni sotto forma di “queries”, questioni o domande. Nella prima edizione (1704) tali questioni sono 16; diventano 23 nell’edizione latina del 1706 e 31 nella seconda edizione inglese del 1717.

Questione 31.

[...]

Le particelle di tutti i corpi duri omogenei, essendo strettamente a contatto l’una dell’altra, aderiscono insieme con molta forza. E per spiegare come ciò possa avvenire, qualcuno ha inventato gli atomi uncinati, il che significa immiserire il problema; altri ci dicono che le particelle sono tenute saldamente insieme dalla quiete, cioè mediante una qualità occulta o meglio mediante nulla; altri ancora ci dicono che sono tenute insieme da movimenti cospiranti, ossia dalla quiete relativa fra di esse. Io invece dalla coesione dei corpi desumerei che le loro particelle si attraggono l’un l’altra per effetto di una certa forza, che è straordinariamente forte nel contatto immediato, che a piccole distanze produce quegli effetti chimici di cui abbiamo prima parlato e che lontano dalle particelle non arriva a produrre alcun effetto percepibile da parte dei sensi.

[...]

In tal modo l’universo naturale sarà strettamente conforme a se stesso e semplicissimo, producendo tutti i grandi movimenti dei corpi celesti per effetto dell’attrazione di gravità, che è scambievolmente tra quei corpi; e quasi tutti i movimenti minori delle loro particelle per effetto di un’altra forza di attrazione e di repulsione che è scambievolmente fra le particelle. La *forza d’inerzia* è quel principio passivo a causa del quale i corpi persistono nel loro stato di moto o di quiete ne ricevono un moto proporzionale alla forza impressa e resistono tanto quanto gli altri corpi resistono loro. In conseguenza di questo solo principio però non ci sarebbe mai potuto essere nel mondo alcun movimento. Per mettere i corpi in movimento era necessario un altro principio; ed ora che si muovono è necessario un altro principio che ne conservi il movimento.

[...]

Mi sembra inoltre che queste particelle possiedano non soltanto una forza di inerzia accompagnata da quelle passive leggi del moto che risultano naturalmente da quella forza, ma che esse vengano anche mosse da certi principi attivi come quello della gravità e quello che è causa della fermentazione e della coesione dei corpi. Io considero questi principi non come qualità occulte che si immaginano sorgere dalle forme specifiche delle cose, ma come leggi generali della natura, dalle quali le stesse cose sono formate. La realtà di questi principi ci si manifesta attraverso i fenomeni, quantunque non se ne siano ancora scoperte le cause. Queste qualità sono palesi, infatti, e soltanto le loro cause sono occulte.