

PARTE 2. L'AFFERMAZIONE DELLA MODERNITÀ TRA FINE CINQUECENTO E SEICENTO

SINTESI DEL PERIODO Autonomia della filosofia della natura e della filosofia politica rispetto alla religione

§ 1. Oltre il sapere tramandato degli antichi: l'osservazione diretta della natura. § 2. La situazione della cultura europea nel Seicento; § 3. L'immagine meccanicistica del mondo; § 4. Le filosofie moderne dello Stato: contratto sociale e diritto naturale

CAPITOLO 3. Dalla magia rinascimentale all'affermazione della moderna visione del cosmo

§ 1. Il mago rinascimentale a caccia di prodigi nell'universo animato; § 2. Verso la rivoluzione tecnologica? Leonardo e le macchine; § 3. I sensisti: Bernardino Telesio e Tommaso Campanella; § 4. Giordano Bruno, battistrada della modernità (ma non del dominio dell'occidente sul mondo); § 5. Francesco Bacone, il filosofo dell'era industriale; Letture, Laboratorio, Schede

CAPITOLO 4. La rivoluzione scientifica e la nascita della scienza moderna

§1. Muta la visione del mondo e cambiano i paradigmi della fisica; § 2. La rivoluzione astronomica; § 3. Nikolay Kopernik (Copernico): la terra gira intorno al sole; § 3. Tycho Brahe e Keplero: le sfere celesti non esistono e le orbite dei pianeti sono ellittiche; § 4. Il dramma di Galileo e la fondazione della scienza moderna; § 5. I rapporti fra religione e scienza secondo Galileo

Letture, Laboratorio, Schede

PARTE 2. L'AFFERMAZIONE DELLA MODERNITÀ TRA FINE CINQUECENTO E SEICENTO

SINTESI DEL PERIODO

Autonomia della filosofia della natura e della filosofia politica rispetto alla religione

Nonostante censure, autocensure e condanne, in un periodo oscuro di grandi guerre religiose e conflitti tra Stati, si afferma una filosofia indipendente dalla tradizione teologica e anche originale rispetto al pensiero antico.

§ 1. OLTRE IL SAPERE TRAMANDATO DEGLI ANTICHI: L'OSSERVAZIONE DIRETTA DELLA NATURA

La filosofia moderna comincia con la piena consapevolezza del carattere originale della propria riflessione rispetto a quella degli antichi e a quella della scolastica medievale.

Nella seconda metà del Cinquecento, dapprima cautamente e gradualmente, si comincia a elaborare una filosofia della natura autonoma dalla teologia medievale, utilizzando e sviluppando liberamente spunti provenienti dall'antichità, ma anche dalla ***cabala ebraica** e dalla tradizione astrologica e alchemica arabe o medievali. Così faranno i **maghi**, gli **alchimisti**, i filosofi ***sensisti**, e anche scienziati e inventori come **Leonardo da Vinci** e **Girolamo Cardano** (→ cap. 3).

: ***Cabala**: insieme di dottrine segrete mistiche ebraiche, conosciute anche dai sapienti cristiani, che spesso speravano di scoprirvi il senso della vita e dell'universo.

: ***Sensismo**: filosofia che considera la sensazione come canale essenziale della conoscenza vera.

Per conoscere la natura dobbiamo basarci sull'osservazione, non sulla metafisica tradizionale

Il filosofo sensista **Bernardino Telesio** (1509-88), nel *De rerum natura iuxta propria principia*, afferma che la natura va indagata secondo i principi che possiamo trarre dalla sua osservazione e non secondo i preconcetti derivanti dalle elucubrazioni di Aristotele e della scolastica (→ cap. 3, § 3). Questa idea critica sarà ripresa nel primo Seicento dall'inglese **Francesco Bacone** (1561-1626) il quale riteneva che il sapere moderno fosse ormai superiore a quello antico (→ cap. 3, §§ 5-7). Bacone fu uno dei padri dell'idea moderna di **progresso**: per lui le scoperte scientifiche sono cumulabili nel tempo, e permettono il miglioramento della vita umana. Le grandi scoperte geografiche e le innovazioni tecnico-scientifiche, come la bussola, la polvere da sparo e la stampa, per Bacone danno inizio a una nuova era.

Con la grande filosofia del Seicento, la modernità si afferma pienamente

Queste teorie sono un preludio della grande filosofia del Seicento, il secolo in cui la modernità si afferma in modo visibile e cosciente, nonostante il perdurare delle censure e dei fanatismi.

Il Seicento si apre con il rogo di **Giordano Bruno** (17 febbraio 1600), che non credeva più nella religione cristiana e propugnava una filosofia sostanzialmente ***panteistica**. Per lui l'universo, essendo divino, è infinito. Perciò accetta con entusiasmo la teoria rivoluzionaria di **Copernico** (→ cap. 4, § 3), secondo cui la Terra gira intorno al Sole.

Bruno, dunque, nella sua **piena indipendenza dalla tradizione**, si presenta proprio come il **primo filosofo tipicamente moderno**.

: ***Panteismo**: teoria secondo cui Dio è tutto e tutto è Dio, tipica dello stoicismo e del neoplatonismo. Al panteismo si connette l'idea di estasi come abbandono della propria individualità e identificazione con Dio. Per i teologi medievali era un'eresia.

§ 2. LA SITUAZIONE DELLA CULTURA EUROPEA NEL SEICENTO

Quali problemi si pone la nuova cultura? Inizia la contrapposizione Nord-Sud in Europa? l'Italia sta rapidamente decadendo?

L'Europa potenzia le sue forze produttive e si avvia alla conquista del mondo

Ancor più del secolo precedente, il Seicento fu un secolo di guerre di religione tra Stati, di guerre civili, di intolleranza religiosa e ideologica e di persecuzione delle minoranze. Funestato da una ripresa massiccia della peste e da una strisciante stagnazione economica, fu però nel complesso anche un periodo di **notevole sviluppo produttivo e tecnico**, di allargamento della **conoscenza di nuove terre, di nuovi popoli e di nuove culture**, e di **grandi conquiste europee** nel resto del mondo.

Il baricentro dell'economia e della cultura si sposta a Nord e l'Italia è progressivamente tagliata fuori

Il dinamismo culturale, la voglia e il coraggio di elaborare nuove teorie si spostarono lentamente dall'Italia rinascimentale agli Stati del Nord protestanti, in particolare Olanda e Inghilterra. Queste due nazioni stavano togliendo progressivamente alla Spagna e al Portogallo il predominio della navigazione, del commercio e della colonizzazione oltre oceano, e manifestavano una straordinaria vitalità economica, sociale e culturale.

●La **penisola italiana** per motivi geografici era tagliata fuori da questi grandi orizzonti. Essa, che pure generò eccezionali scienziati come **Galilei** (→ cap. 4, §§ 8-10) e **Torricelli** (1608-47) e continuò ad avere università di alto livello, subì il duplice peso della Controriforma papale e del dominio spagnolo. Dopo **Galilei, iniziatore della fisica moderna**, la filosofia e la scienza del Seicento, che danno inizio inequivocabilmente al pensiero moderno, sono opera soprattutto di francesi, di inglesi e di olandesi.

●In **Francia** la monarchia era riuscita a riprendere il dominio su tutto il territorio nazionale, precedentemente diviso dalle lotte di religione, ma aveva dovuto concedere agli ugonotti la sovranità su un certo numero di città-fortezza, in cui praticavano la loro religione. Se lo Stato cattolico francese, divenuto sempre più potente nel corso del Seicento, era più autoritario che in passato, la cultura cattolica nazionale non poteva ignorare che, proprio in francese, erano disponibili libri di ben diverso indirizzo.

●L'**Olanda**, liberatasi dal dominio spagnolo, cominciava a caratterizzarsi come una società tollerante e multireligiosa (ma continuò a lungo la lotta tra le correnti calviniste intolleranti e i calvinisti arminiani tolleranti → cap. 2, § 5). In Olanda fiorì anche l'industria libraria che stampava ciò che altrove era proibito dalla censura, ma che era oggetto di fruttuoso contrabbando.

Stato *liberale. Si dice *liberale uno Stato che ammette la libertà di religione, di pensiero, di movimento, di proprietà privata. Si parla di liberalismo realizzato solo a partire dall'Ottocento.

●L'**Inghilterra** alternò momenti in cui la monarchia anglicana voleva imporre il suo potere autoritario e momenti di rivoluzione puritana fanatica, ma in questi contrasti riuscirono a svilupparsi diverse correnti religiose e filosofiche minoritarie anticonformiste e innovatrici. Alla fine del secolo, quando la monarchia inglese acquisì alcune delle caratteristiche di quello che in seguito sarebbe stato lo ***Stato liberale**, la cultura inglese divenne un modello di apertura, mentre la Spagna cattolica e la penisola italiana restarono progressivamente isolate dai nuovi sviluppi.

La stampa e il protestantesimo stimolano lo sviluppo delle lingue nazionali

Grazie alla **stampa** e, nei Paesi protestanti, grazie anche all'azione dello Stato e delle Chiese, la cultura scritta si stava lentamente diffondendo, ormai soprattutto nelle lingue nazionali. **Bruno, Galilei, Hobbes, Descartes** (Cartesio), **Pascal** e **Locke** scrissero importanti testi nelle rispettive lingue nazionali, anche se il latino restava l'idioma internazionale in cui si scrivevano le opere teoriche più impegnative.

Le idee di rottura devono mimetizzarsi

Spinoza, le cui opere avevano un carattere scandaloso anche per l'Olanda dei suoi tempi, scrisse soprattutto in latino, che da un lato era la lingua internazionale degli studiosi, ma che, dall'altro, era ignota alla gente comune e destava meno scalpore; inoltre, come anche Cartesio, preferì non pubblicare in vita le opere più pericolose.

La cultura sommersa degli intellettuali libertini gira spesso manoscritta

Le idee filosofiche di atei, non credenti e panteisti in questo periodo circolarono prevalentemente tra le persone colte a voce, o attraverso manoscritti privati: vengono chiamati **libertini** (o anche liberi pensatori, o *free thinkers* in Inghilterra) i critici più radicali della religione tradizionale. Essi non credevano nei miracoli, né nella verità rivelata del cristianesimo e non si sentivano vincolati dalla morale tradizionale – motivo per cui in seguito l'appellativo libertino è stato impiegato con riferimento alla trasgressione sessuale. In effetti i libertini, spesso di estrazione aristocratica, condividevano in gran parte l'idea che la religione tradizionale, spaventando il popolo con le pene infernali, fosse utile al mantenimento dell'ordine costituito, finendo con l'essere, anche per questo, poco interessati alla divulgazione delle proprie idee.

Dell'importanza di questa circolazione sotterranea è in qualche modo indizio il *Theophrastus redivivus*. Si tratta di un manoscritto venuto alla luce solo nel 1937. In pubblicazioni e in corrispondenze del Seicento se ne trovano citati molti passi e pare che nel Seicento in molti salotti e circoli privati di Parigi le idee di questo libro fossero ben note (secondo la stima di scrittori cattolici preoccupati per il dilagante fenomeno, nella capitale francese ci sarebbero stati circa 50 000 atei).

Come può il soggetto conoscere il mondo? E quali sono i fondamenti della nuova fisica e delle nuove teorie politiche?

Tuttavia, per quanto riguarda il mondo della carta stampata, nel Seicento la cultura filosofica è dominata dai grandi sistemi filosofici moderni (→ Cartesio, Hobbes, Leibniz, Locke, nei capp. 5, 6 e 7, pp. 000), il cui problema di partenza è il problema *gnoseologico: **come può il soggetto conoscere il mondo? con quali mezzi conoscitivi? e fino a che punto?** I diversi sistemi cercano anche di trovare per le nuove grandi teorie scientifiche e politico-giuridiche un **fondamento autonomo dalla visione provvidenziale del mondo e della società, ma compatibile con la fede**. Solo la sintesi panteistica di **Spinoza** (→ cap. 6) metterà l'accento sugli aspetti incompatibili.

*Gnoseologico: concernente la portata della conoscenza umana.

Newton pone le basi della fisica moderna

Soprattutto il Seicento fu il secolo dello straordinario sviluppo della scienza moderna, coronato dalla pubblicazione dei *Philosophiae naturalis principia mathematica* nel 1687, in cui **Isaac Newton** (→ cap. 7, §§ 5-6) pose le basi di tutta la fisica successiva. Diversamente da altri, egli non pretende però di formulare ipotesi capaci di dare una spiegazione metafisica del mondo. Contemporaneamente **John Locke** (→ cap. 8, §§ 1-4), suo connazionale – e suo grande ammiratore – cercherà di stabilire i **limiti** entro i quali la conoscenza umana può muoversi, e metterà in discussione l'antica idea, classica e medievale, della **sostanza**, o essere necessario, che aveva caratterizzato le altre filosofie del Seicento.

§ 3. L'IMMAGINE MECCANICISTICA DEL MONDO

Se il mondo e gli esseri viventi sono macchine, come mai uomini e animali riescono a usare gli organi seguendo i propri fini?

Il meccanicismo sostituisce il pampsichismo e il finalismo nella spiegazione dell'ordine cosmico e del mondo della vita

Nel mondo antico il modello **meccanicistico** era restato nettamente minoritario e il Medioevo lo aveva completamente rimosso. Nel Cinquecento i

maghi e i filosofi sensisti, e infine Bruno, avevano ripreso invece l'antica teoria del ***pampsichismo** (o ***ilozoismo**) secondo cui tutta la materia è viva, animata, centro di forze capaci di muoverla. La **fisica moderna** di Galilei, Cartesio e Newton la lascerà cadere come inadatta a spiegare il moto. Ma questa teoria continuerà ad avere successo per tutto il secolo, e la magia e l'alchimia basate su di essa non sarebbero scomparse tanto presto.

Nel corso del Seicento la fisica affosserà anche la dottrina **finalistica** di Platone e Aristotele, elaborando diverse versioni di **meccanicismo**. Il mondo non appare più come un sistema gerarchico ordinato, in cui ogni cosa e ogni essere vivente ha un suo posto e una sua funzione, ma come una grande macchina, o un grande orologio, i cui pezzi – animali e corpi umani compresi – sono mossi da leggi impersonali.

*Pampsichismo: teoria secondo cui tutta la realtà è animata.

*Ilozoismo: teoria secondo cui tutta la materia è dotata di vita.

Sono rivalutate le arti meccaniche: è l'uomo che costruisce il mondo che abita

Durante tutto il Basso Medioevo era proseguito lo sviluppo progressivo delle **arti meccaniche**, dai mulini ad acqua e a vento agli orologi pubblici, dal processo di produzione della carta alla stampa. Nel Rinascimento italiano, a titolo di esempio, il lavoro dell'architetto o del costruttore di macchine da guerra era assai stimato. E la **teologia del lavoro di Lutero** ne fornì una nuova **legittimazione ideale**. Il meccanicismo è stato probabilmente incoraggiato da questa nuova mentalità dell'uomo artigiano, costruttore, che produce il mondo che abita, ossia quella dell'**homo faber** – come lo chiama la filosofa Hannah Arendt (1906-75).

Il sapere non è considerato più solo fine a se stesso ma anche socialmente utile

Mentre cresce l'influenza nella società della borghesia e delle professioni meccaniche, l'autorità e il potere del clero e dell'aristocrazia perdono progressivamente di credibilità. Ma anche l'idea greco-romana della cultura come **otium** fine a se stesso va tramontando a favore dell'idea dell'**utilità sociale del sapere** e di un **collegamento sempre più stretto tra scienza e tecnica**.

§ 4. LE FILOSOFIE MODERNE DELLO STATO: CONTRATTO SOCIALE E DIRITTO NATURALE

Lo Stato moderno nasce autoritario, ma insieme ad esso nasce l'idea dei diritti dell'uomo e dell'eguaglianza tra gli uomini (purtroppo spesso solo in linea teorica, come dovranno imparare a proprie spese molti critici e dissidenti).

Si sviluppa l'apparato centralizzato delle monarchie nazionali ma scoppiano rivoluzioni per l'estensione della rappresentanza politica

La Riforma accelerò lo sviluppo dello Stato moderno, già cominciato da qualche secolo con la formazione delle **grandi monarchie nazionali** e il declino dell'Impero. La *potestas in temporalibus* dei papi (il loro potere sulle cose di questo mondo) era ancora difesa (pur con moderazione) dai teologi cattolici della Controriforma, ma aveva perso ogni efficacia reale negli Stati cattolici e nell'Impero.

Il Seicento fu il secolo delle **monarchie accentratrici e autoritarie** e dei loro **potenti apparati amministrativi**, ma anche delle **rivoluzioni** contro di esse in nome dell'**estensione del potere degli organi di rappresentanza** (una tale rivoluzione ebbe successo in Inghilterra, prima con Cromwell e poi con Guglielmo III, ma fu tentata anche in Boemia, in Francia e nel Regno di Napoli). Tuttavia, se pure tanto i principali fautori dell'assolutismo quanto i suoi contestatori di fatto non mettevano in questione il carattere confessionale dello Stato, le nuove filosofie della politica avevano invece una fondazione del tutto autonoma dalla tradizione teologica e l'origine dell'organizzazione politica umana era cercata essenzialmente attraverso lo **studio autonomo della natura sociale dell'uomo** (→ cap. 7).

Gli uomini sono liberi ed eguali nello «stato di natura» ma con il «contratto sociale» si sottomettono alla legge

L'uomo, per i filosofi **contrattualisti**, vive libero e senza leggi penali coercitive nello **stato di natura**, la condizione spontanea che precede la sua organizzazione nella ***società civile** (cioè nello Stato). Il passaggio alla condizione di **cittadino** (*civis*) e la rinuncia all'anarchica libertà originaria è legittimata da un **contratto** o **patto sociale** tra tutti i cittadini. Quindi gli uomini sono considerati tutti egualmente liberi e uguali per natura, e solo con un patto possono legittimamente rinunciare, in tutto o in parte, alla propria libertà originaria. Questa teoria, in varie versioni, è stata usata sia per difendere lo Stato assolutistico (**Hobbes**), sia per richiedere che i poteri dello Stato siano limitati (**Locke**). Ma in ogni caso sancisce definitivamente la fine dell'antica teoria degli *oratores*, *bellatores*, *laboratores*, e rivendica, rispetto alla teologia politica basata su Paolo, l'**origine naturale del potere politico**. Costituisce anche una notevole novità rispetto alla teoria politica antica, in cui la presunta distinzione naturale tra greci e barbari costituiva una giustificazione della schiavitù.

: *Società civile: associazione umana dotata di un territorio, di regole precise e di organi capaci di farle rispettare (sinonimo di Stato).

Si sviluppa la teoria del diritto naturale

L'altra grande idea che ha un notevole sviluppo nel Seicento è quella di **diritto naturale**, inteso come un diritto valido per tutti gli uomini indipendentemente da religione, nazionalità e condizione sociale. Essa però risale al mondo antico, in particolare agli stoici, e non era stata affatto abbandonata nel Medioevo – era spesso usata dalla Chiesa, ma anche dalla nobiltà e dai Comuni, per limitare il potere regio. Nel Seicento i ***giusnaturalisti** svilupperanno in particolare la teoria dei **diritti civili** e della **libertà religiosa**. E inizierà anche un dibattito sui **diritti politici**.

: *Giusnaturalismo: dottrina giuridica secondo la quale è giusto ciò che è conforme all'ordine della natura.

CAPITOLO 3. DALLA MAGIA RINASCIMENTALE ALL’AFFERMAZIONE DELLA MODERNA VISIONE DEL COSMO

*Nel Cinquecento si afferma in Europa la magia, con la sua visione *pampsichistica vitalistica, e il rivoluzionario filosofo Giordano Bruno arriva a sostenere che l’universo non solo è infinito, ma che è un essere vivente. Il dio che per lui è lo spirito vivente del mondo non è però quello cristiano.*

Il Cinquecento, nonostante la decadenza politica della penisola, è ancora un secolo dominato dalla cultura italiana, non solo letteraria e artistica: italiani sono per esempio i fondatori dell’algebra moderna (Tartaglia e Cardano), e in Italia si realizzano grandi sviluppi della meccanica e della balistica, mentre i nostri medici sono chiamati anche nella lontana Inghilterra. Tuttavia, sarà in Inghilterra che qualcuno tirerà le somme dello sviluppo tecnico e scientifico della prima età moderna: Francesco Bacone nei primi anni del Seicento enuncerà l’idea di progresso, secondo la quale invenzioni e scoperte sono cumulabili al servizio della società.

§ 1. IL MAGO RINASCIMENTALE A CACCIA DI PRODIGI NELL’UNIVERSO ANIMATO

Nel Rinascimento fuori dalle università si diffonde un sapere segreto, riservato a circoli ed élites, le cui idee e scoperte sono comunque giunte sino a noi. La forza della scienza è nella specializzazione elitaria o nella diffusione pubblica?

Il mondo è un enorme essere vivente

Per tutto il Cinquecento resta predominante la concezione dell’universo come essere vivente, un animale cosmico che vive e respira, che vede e sente, che genera dal suo seno infiniti esseri, li nutre e li fa crescere senza posa. Che l’universo fosse un grande corpo retto dall’anima del mondo è una concezione tratta dal *Timeo* di Platone e attualizzata da Cusano e dai neoplatonici toscani. L’uomo come microcosmo riflette l’organizzazione del mondo-macrocosmo. Tracce di questa concezione si continueranno a trovare a lungo nel tempo, anche in autori che hanno contribuito a cambiare l’immagine dell’universo, come Bacone e Keplero.

Le scienze occulte: visione elitaria del sapere

Contemporaneamente è diffusissima l’idea che il moto degli astri determina ciò che avviene sulla Terra. Essa accomuna i neoplatonici con un miscredente aristotelico come Pomponazzi. **Astrologia, magia, divinazione** (cioè previsione del futuro) sono **scienze occulte** (sapere nascosti) che furono assai di moda nel Rinascimento (papa Paolo III Farnese, per esempio, aveva un suo astrologo di fiducia, Luca Gaurico, che nominò vescovo) e poi anche nel Seicento. Queste scienze sono basate sia sulla conoscenza degli astri, sia sulla capacità straordinaria del mago, come “sensitivo”, di percepire i segnali che le cose animate nascostamente gli mandano. Il carattere occulto di questo sapere è coerente con la concezione elitaria del sapere, propria di larga parte della cultura rinascimentale.

La natura agli occhi del mago si presenta piena di **prodigi**, che egli sa scorgere e usare a suo vantaggio. Il prodigio non è un miracolo, cioè un intervento divino che modifica le leggi che Dio ha dato al mondo, ma proviene piuttosto da una specie di creazione continua da parte della natura, che è in costante mutamento.

Le stesse persone sono spesso medici, scienziati, maghi e astrologi

La diffusione delle scienze occulte fu naturalmente causa di inganni, truffe, illusioni, ma esse erano condivise anche da grandi medici e chimici/alchimisti.

Per esempio lo svizzero **Paracelso** (Philippus von Hohenheim, 1493-1541) fu un grandissimo medico e, insieme, astrologo e alchimista. L’**alchimia** – sapere in gran parte derivato dagli arabi – non aveva solo forme e finalità “materiali” (come

il tentativo di trasformare i metalli in oro, di trovare l'elisir di lunga vita ecc.), ma può anche essere considerata l'antenato della farmacologia e della chimica.

Quanto a **Girolamo Cardano** (1501 ca-1576), che era ricercatissimo per i suoi oroscopi (osò fare anche quello di Cristo), fu medico e teorico della medicina, matematico, filosofo naturale e ricercatore empirico, e infine inventore di congegni meccanici, tra cui il giunto (che trasmette movimento e potenza tra due assi in rotazione collegati) e la sospensione che hanno preso il nome da lui e che si usano ancora oggi. Riteneva però, diversamente da gran parte dei maghi, che si dovessero rendere pubblici i propri esperimenti.

Magia e scienze occulte, diversamente dal sapere aristotelico, si propongono di dominare la natura

La magia e le scienze occulte sono dunque un fenomeno complesso. Mentre il fine della scienza antica era quello di descrivere la struttura e la perfezione dell'universo, il sapere rinascimentale si propone di operare sulla natura e di assoggettarla all'uomo. **L'uomo del Rinascimento, acquistata fiducia in sé stesso, pensa di poter sottoporre la natura al suo volere.** Dalla concezione contemplativa del sapere elaborata da Aristotele si è così passati a una visione operativa.

In sintesi, la magia è anche un tentativo di affermare l'autonomia dell'uomo dentro la natura, libero da autorità superiori, dominatore del mondo. E questo aspetto sarà chiaro nella figura di Giordano Bruno (→ § 4).

§ 2. VERSO LA RIVOLUZIONE TECNOLOGICA? LEONARDO E LE MACCHINE

Leonardo, un genio dell'espressione pittorica, vedeva negli animali (uomo compreso) delle macchine. Vita e meccanismo sono due aspetti della stessa natura?

Quel complesso fenomeno culturale che adesso chiamiamo rivoluzione scientifica moderna è venuto a maturazione nel Seicento, ma è stato preparato o fiancheggiato da molti settori della scienza, delle arti meccaniche e delle professioni: la matematica, la medicina, l'agricoltura, la metallurgia, l'architettura e le molte forme di sapere scientifico e tecnico che si sono sviluppate nel periodo rinascimentale.

Dal punto di vista della poliedricità degli interessi fu esemplare la figura di **Leonardo** (1452-1519), la cui vita si svolse in buona parte addirittura nel Quattrocento, ma la cui opera fu innovatrice e rivoluzionaria.

Leonardo non poté studiare, ma si formò nella bottega del pittore Verrocchio

Figlio illegittimo di un ricco mercante, proprio per la sua nascita irregolare non frequentò le Accademie come gli umanisti e in generale i giovani di buona famiglia, ma fu messo a bottega presso il Verrocchio, grande pittore fiorentino, perché vi imparasse il mestiere. Non si era formato quindi sui testi antichi, tanto che si definiva «omo senza lettere». In polemica con la cultura del tempo, non soltanto aristotelica, ma anche umanistica, egli insiste, contro «i libri pieni di vento» e il sapere che non si sporca le mani con la pratica, sull'**importanza fondamentale delle arti meccaniche**. «A me pare che quelle scienze siano vane e piene di errori, le quali non sono nate dall'esperienza, madre di ogni certezza, e che non terminino in nota esperienza» (Leonardo da Vinci, *Trattato della pittura*, Carabba editore, Lanciano 1947, p. 47). E ancora: «La scienza strumentale ovvero macchinale è nobilissima e sopra tutte le altre utilissima» (Leonardo da Vinci, *Scritti scelti*, Utet, Torino 1973, p. 348).

La natura è un insieme di macchine; gli organi degli animali sono macchine

Noi possiamo imitare la natura perché la sua struttura è matematico-meccanica, fatta quindi come un insieme di macchine. Il processo mentale di questa imitazione, secondo Leonardo, parte dall'**osservazione della natura**, passa al **disegno che ne mette in luce la struttura**, e sbocca nella **costruzione**

della macchina. Per esempio, egli osserva come gli uccelli planano, come volano in favore e controvento, studia l'assetto e la flessione dell'ala, i diversi tipi di piumaggio, i movimenti della coda, che consentono all'uccello di alzarsi, di abbassarsi, di cambiare direzione di volo e così via. Attraverso il disegno egli mette in luce come gli organismi animali siano **insiemi di macchine**.

Scoperto il segreto delle macchine della natura, diventa possibile costruire la macchina artificiale

La «rivoluzione tecnologica» di Leonardo consiste nella concezione della macchina vista come un insieme di meccanismi aventi una relativa autonomia, sostituibili e interscambiabili con meccanismi di altre macchine. Significativa al proposito la macchina per tagliare le viti, uno dei primi esempi di produzione di elementi standardizzati.

Un sogno rinascimentale: far volare l'uomo con le sue forze

Tra le tante macchine progettate e realizzate da Leonardo, geniale ingegnere e inventore più che scienziato, continua ad affascinare soprattutto la macchina per volare, che egli progettò sulla base di calcoli – purtroppo non abbastanza precisi. Questo progetto è il simbolo della tensione dell'uomo rinascimentale non solo verso il dominio della natura, ma anche verso il potenziamento e la trasformazione di se stesso (l'uomo che “diventa” uccello), quindi verso l'**autocreazione**.

Tutto ciò che è nel mondo è «sottoposto di necessità al numero, al peso e alla misura»

La sua concezione della natura, influenzata dal neoplatonismo matematico, è appena abbozzata nelle sue opere manoscritte. La **natura** appare a Leonardo come **retta da una struttura logica, fornita di razionalità e necessità**. «Natura non rompe sua legge – egli dice – ma procede costretta dalla ragione della sua legge che in lei diffusamente vive» (Leonardo da Vinci, *L'occhio nell'universo*, Sansoni, Firenze 1943, p. 3). Questa necessità è la **necessità della legge matematica**: tutto quello che si manifesta nel mondo celeste e in quello terrestre è sottoposto di necessità «a numero, peso e misura».

Il rapporto fra la meccanica e la matematica fu sostenuto da Leonardo in una frase famosissima: «La meccanica è il paradiso della matematica poiché ci dona i frutti di questa scienza».

Le ricerche dei pittori rinascimentali sulla prospettiva hanno spinto verso la visione matematico-geometrica della natura

Leonardo fu anche, se non soprattutto, un pittore. Ma è proprio nella pittura del Quattro-Cinquecento che viene a realizzarsi una **stretta connessione fra arte e scienza**, tanto che l'arte stessa esercitò un influsso notevole in direzione della **visione della natura in termini matematico-geometrici**.

Lo spazio nella pittura rinascimentale, a differenza che in quella medievale, è uno spazio a tre dimensioni. Dall'esigenza di dare allo spazio la tridimensionalità i pittori del Rinascimento furono indotti ad accostarsi alla matematica e a creare un sistema di **prospettiva matematica**. Fra coloro che diedero un contributo importante agli studi di prospettiva fu certo Leonardo, accanto a **Leon Battista Alberti**, a **Piero della Francesca**, a **Albrecht Dürer**. Il trattato di pittura di Leonardo comincia con le parole: «Chi non è matematico non mi legga nelli mia principia» (P.A. Giustini, *Nella prospettiva della rivoluzione scientifica: Leonardo e la dinamica*, «Divus Thomas» vol. 80, no. 4, Edizioni Studio Domenicano, Bologna 1977, p. 393).

§ 3. I SENSISTI: BERNARDINO TELESIO E TOMMASO CAMPANELLA

Due filosofi all'Indice, uno dei quali in galera per gran parte della vita.

§ 3.1. BERNARDINO TELESIO

Bernardino Telesio (1509-88) nacque a Cosenza e studiò, tra l'altro, a Padova, centro di filosofia naturale aristotelica e di ricerche mediche. La sua opera

principale, il *De rerum natura iuxta propria principia* (*La natura secondo i suoi propri principi*, 1565), fu inserita nell'elenco dell'Indice dei libri proibiti dopo la sua morte. **Bacone** (1561-1626), filosofo inglese tra i maggiori rappresentanti della rivoluzione scientifica, salutò il *De rerum natura* come il manifesto di un'epoca nuova, giudicando Telesio il primo dei moderni. Il pensiero del filosofo cosentino però è tutto inserito nella concezione animistica della natura propria del Rinascimento, e riecheggia i presocratici piuttosto che anticipare l'idea di scienza sperimentale.

La conoscenza è sensazione: con essa gli esseri viventi percepiscono immediatamente ciò che li favorisce o danneggia

È però certamente un critico deciso dell'aristotelismo. Per lui i concetti aristotelici di materia e forma, di potenza e atto, e tutti gli altri concetti tradizionali, non sono altro che finzioni che ci impediscono il contatto diretto con le cose: **la sensazione è la forma fondamentale della conoscenza. Tutta la realtà è dotata di sensibilità e di coscienza.** Tutte le cose sentono ciò che le favorisce e ciò che le danneggia, perché composte di caldo e di freddo, principi della sensibilità. La conoscenza non è qualcosa di diverso dalla materia, ma, al contrario, è la facoltà primitiva, ineliminabile di tutta la materia.

Tra caldo e freddo c'è la lotta dei contrari

La materia è dunque animata da **due forze agenti: il freddo e il caldo.** Il caldo, che ha sede nel Sole, produce dilatazione, movimento, vita; il freddo, che ha sede nella terra, invece contrazione e morte. In tutte le cose il caldo e il freddo sono variamente mescolati sicché tutte le cose vivono, sentono, agiscono. Quindi **esistono tre principi naturali: la materia, il caldo e il freddo.**

Come in Eraclito, la lotta tra principi contrari serve a Telesio per spiegare, senza interventi soprannaturali, l'intera costituzione dell'universo.

Ogni essere tende alla propria conservazione

Per Telesio **ogni essere tende alla propria autoconservazione.** Il piacere e il dolore si provano in relazione all'aiuto o al danneggiamento della vita. Nella seconda edizione (1586) della sua opera Telesio attribuisce all'uomo, oltre all'anima materiale, definita *spiritus* e presente anche negli animali, anche un'anima trascendente (*forma superaddita*, ossia "aggiunta sopra") che è propria solo dell'uomo, ma questo non bastò per evitare l'Indice.

§ 3.2. TOMMASO CAMPANELLA

La filosofia di Campanella unisce sensismo e metafisica agostiniana

Anche **Tommaso Campanella** (1568-1639), sacerdote domenicano ispirato dalla filosofia di Telesio, nacque in Calabria (a Stilo). Il suo sensismo si distingue da quello di Telesio per un maggior interesse per l'interiorità (il «**senso interno**» con cui l'anima sente se stessa) e per l'elaborazione di una metafisica di ispirazione agostiniana.

Campanella attende l'avvento di una nuova era, di cui si crede profeta

Ma ciò che in lui è decisamente fuori del comune è la sua passione politica e la sua utopia profetica.

Campanella infatti si considera mago e profeta: egli attende l'**avvento di un nuovo ordine** religioso, morale, politico, che vede chiaramente preannunciato da segni e prodigi celesti. Ma perché esso si realizzi, è necessario che sia abbattuto il potere che impedisce la nascita della nuova società.

Campanella guida una rivolta antispagnola e passa tutta la vita in prigione

Nel tentativo di tradurre in atto il suo grande sogno di rinnovamento, aveva capeggiato una rivolta contro il governo spagnolo nel Regno di Napoli per costituirvi una repubblica, dotata di un nuovo ordinamento sociale, di cui egli stesso avrebbe dovuto essere sacerdote e legislatore. Nel 1599 venne arrestato e sottoposto ad atroci torture. Fingendosi pazzo riuscì a evitare la pena capitale, ma non i lunghi anni di carcerazione. Venne prosciolto definitivamente solo nel 1629 grazie al papa Urbano VIII, che lo teneva presso di sé come consigliere astrologo.

Negli ultimi anni visse a Parigi, dove si era rifugiato perché gli spagnoli lo avrebbero voluto nuovamente arrestare.

La maggior parte delle sue opere fu composta in carcere. E lì continuerà a costruire il mito di questa utopica repubblica comunista ed egualitaria alla cui descrizione è dedicata la sua opera più famosa: *La città del Sole*.

Nell'utopia di Campanella non ci sono né proprietà né privilegi

Secondo il racconto di un navigatore genovese, nella lontanissima isola asiatica di Taprobana non esiste la proprietà privata, neppure dei vestiti e dei beni di consumo più personali, e non c'è la famiglia, le donne sono in comune e le nascite sono programmate dallo Stato. Il lavoro è distribuito tra tutti ed è sufficiente lavorare quattro ore al giorno. **Non ci sono classi sociali o ceti privilegiati**, non c'è clero né aristocrazia. Non ci sono professioni nobili e mestieri ignobili: **conta l'utilità sociale di ciò che ciascuno fa**, perché il solo titolo di nobiltà è servire bene gli altri.

Tutti i giovani ricevono nozioni di cultura generale, guidati dai più anziani. I più abili nelle arti sono destinati a diventare «ufficiali» (pubblici funzionari), selezionati per la loro capacità prima dai maestri, poi approvati dal gran Consiglio di tutti i cittadini, e infine confermati dai quattro supremi magistrati.

Il potere è esercitato dai sapienti

Questi sono il Metafisico (sovrano e sommo sacerdote), assistito dai tre magistrati Sin, Pon e Mir che incarnano rispettivamente la sapienza, la potenza e l'amore (corrispondenti agli attributi della Trinità). Dotati di un sapere immenso, non sono elettivi, ma sono disponibili a cedere il loro potere quando trovano qualcuno più sapiente. Cosa che avviene molto di rado – dice il navigatore.

Nello Stato dunque **il potere politico corrisponde al sapere e alla competenza scientifica** (questo oggi si chiamerebbe meritocrazia). E non c'è distinzione tra potere politico e potere religioso, ma **il culto religioso dell'unico Dio, regolatore della natura, fa parte della vita pubblica, e il sovrano è anche sommo sacerdote** (e questa invece è **teocrazia*).

: **Teocrazia*: governo di Dio, sia nel senso che chi governa pretende di essere un dio (nel mondo antico), sia nel senso che chi governa pretende di aver ricevuto la sua autorità direttamente da Dio.

§ 4. GIORDANO BRUNO, PROFETA DELLA MODERNITÀ

Bruno fu profeta di valori che sarebbero stati considerati fondamentali dal mondo occidentale, come la libertà di ricerca e di fede, ma condannò fin da subito la pretesa occidentale di dominare il mondo.

§ 4.1. UNA VITA AVVENTUROSA TRA FUGHE E PROCESSI

Il martirio di Bruno, ribelle indomabile

Come Campanella, **Giordano Bruno** (1548-1600) fu mago e profeta di un rinnovamento morale e religioso che lo costrinse ad affrontare l'Inquisizione e un lungo processo. Condannato, non ritrattò le sue idee, rifiutò i sacramenti prima di morire e fu trascinato al rogo con una mordacchia che gli impediva di parlare. Nato a Nola vicino a Napoli, entrò adolescente nell'ordine dei domenicani e studiò all'Università di Napoli. Avendo espresso opinioni non ortodosse e accusato di eresia, Bruno si allontanò da Napoli e iniziò le peregrinazioni che caratterizzarono tutta la sua vita. Fu a Roma, Genova, Torino, Venezia e poi a Ginevra, dove si convertì al calvinismo. Ma fu processato e scomunicato e si rifugiò in Francia. A Parigi Bruno venne apprezzato dal re Enrico III, che lo nominò lettore reale, e qui pubblicò alcune delle sue opere più importanti, come il *De umbris idearum* (*Le ombre delle idee*), e la commedia in volgare *Candelaio*.

Gira e pubblica in gran parte d'Europa, a volte apprezzato, a volte cacciato

Bruno si recò poi in Inghilterra al seguito dell'ambasciatore francese e tenne alcune lezioni sulle dottrine di Copernico all'Università di Oxford, che non furono

apprezzate e gli procurarono l'immediato allontanamento. Si recò allora a Londra dove pubblicò dei dialoghi in italiano, tra cui, nel 1584, *De la causa, principio et uno* e *De l'infinito universo e mondi*, nel 1585 *De gli eroici furori*. A Londra era possibile pubblicare testi in italiano (lingua all'epoca molto diffusa in Europa) che non sarebbero potuti uscire in Italia, dove comunque giungevano attraverso il contrabbando.

Dopo un altro passaggio in Francia, si stabilì in Germania, dove insegnò all'Università di Wittenberg, raggiungendo in seguito Praga, dove scrisse e dedicò un'opera a Rodolfo II, l'imperatore appassionato di alchimia e astrologia, che lo ricompensò con una somma di denaro. In Germania pubblicò vari libri e scrisse anche opere di argomento magico.

Bruno sperava di insegnare all'Università di Padova, sede da sempre anticonformista. Anche per questo accettò l'invito del patrizio Giovanni Mocenigo a recarsi a Venezia – di solito libera dagli eccessi repressivi della Controriforma – per dargli lezioni. Ma Mocenigo, a un certo punto, lo denunciò all'Inquisizione. Bruno venne estradato a Roma dove fu processato e poi arso vivo.

§ 4. 2. IL PANTEISMO DI BRUNO

Che cosa preoccupava così tanto l'Inquisizione? Probabilmente il **panteismo insito nella sua filosofia**.

La natura è un grande essere vivente e Dio ne è l'anima

Bruno concepisce l'universo come un tutto animato che produce e riassorbe in sé in continuazione tutti gli esseri naturali. In ogni cosa vi è anima, vita e intelligenza: in ogni cosa vi è Dio. Per lui l'Anima del Mondo è il **principio formale costitutivo dell'Universo** e di tutte le cose che esso contiene. L'Anima del Mondo è Dio il quale è ovunque, spirito che «alimenta la mole del mondo» e vive ed è presente in tutte le cose.

C'è un'unica forza vitale che crea infiniti mondi

Un'unica forza vitale agisce in tutte le cose. Ogni cosa – anche apparentemente inanimata – reca l'immagine unitaria dell'universo e tutte le cose si sforzano di conservare il proprio essere, fuggono i propri contrari e ricercano l'utile. Il **senso**, afferma Bruno, è una forma di partecipazione all'«universale intelligenza diffusa nell'universo», dalla quale derivano l'attrazione o la repulsione, la concordia o la discordia, che le cose hanno le une nei confronti delle altre, in quanto tutte partecipano alla vita e alla sensibilità. È in questa forza, che opera in tutte le cose, che va cercato il germe dell'autoconservazione, e non in una provvidenza soprannaturale. Essa è infinita e crea infiniti mondi oltre al nostro. E il potere dello scienziato mago nasce dalla sua partecipazione a questa forza vitale.

Dio è in tutte le cose e anche al di sopra di esse

Per Bruno Dio è la «**mente presente in tutte le cose**» e insieme anche la «**mente al di sopra di tutte le cose**». Ma questo non poteva bastare per giungere a un compromesso con la Chiesa. Il fatto che Dio trascenda le cose per Bruno significa essenzialmente che esso non si esaurisce nell'universo d'infiniti mondi che crea continuamente, ma che si spinge sempre oltre nella creazione. Tuttavia è nella natura, e non si ritira in un aldilà estraneo al mondo creato.

Bruno non accetta la visione tradizionale di un Dio-persona, dalla volontà arbitraria

Il Dio a cui pensa Bruno non è trascendente nel senso tradizionale, e non è persona, ma è l'universo infinito e animato. La visione tradizionale di un Dio-persona, la cui volontà è arbitraria, che comunica con l'uomo attraverso le Scritture, è per lui inaccettabile, così come l'idea dell'immortalità dell'anima. La religione ha la funzione di dare un'elementare spiegazione della vita e del mondo al popolo, e la verità è accessibile solo a un'*élite* di filosofi. Tuttavia l'antica religione egizia – che Bruno pensava di conoscere attraverso i **testi ermetici** (→ vol. 1, cap. 10, § 1) – è nettamente superiore a quella ebraica e cristiana. Gli egizi

sapevano che la divinità è latente nella natura, **prossima e familiare** e non trascendente e lontana dalle cose.

Lo spazio è infinito e l'universo è composto di infiniti mondi

Bruno ritiene che ci siano presagi di un ritorno all'antica religione e civiltà egizia: una restaurazione e insieme una rivoluzione, di cui si considera una specie di profeta. Uno di questi presagi è proprio la teoria di Copernico, che rompe il mondo chiuso, gerarchico e rassicurante di Aristotele e della Bibbia, in cui l'uomo è al centro dell'universo. A questa teoria egli aggiunge l'idea che l'universo sia **infinito**, perché è effetto infinito dell'infinita potenza di Dio. Un tale attributo sino ad allora era riservato a Dio (solo Cusano aveva osato dire che l'universo è «indefinitamente» grande).

Il nostro dunque è **uno degli infiniti mondi**. L'uomo non è al centro dell'universo; non solo: gli uomini, come gli altri animali, sono nati «dal grembo materno della natura» per generazione spontanea.

Nell'«eroico furore» l'uomo esce fuori di sé

Ma da questo non nasce una svalutazione dell'uomo. Certo, né i sensi, né la ragione sono sufficienti per comprendere l'infinito Tutto nella sua unità. Plotino pensava di potersi congiungere all'Uno attraverso l'estasi, che è una forma di rinuncia al mondo (→ vol. 1, pp. 177-78). La via di Bruno è invece l'**eroico furore**, che è un'esperienza momentanea, eccezionale, in cui l'uomo fa lo sforzo estremo di uscire dalla sua strutturale finitezza, cercando di fondersi con tutte le sue facoltà con l'unità di Dio presente nella natura.

Con le mani e con l'ingegno l'uomo dà forma alla natura

L'eroico furore non è l'unico modo per immedesimarsi con Dio, che è forza creatrice. Alle origini «**gli dei avevano donato a l'uomo l'intelletto e le mani**, e l'avevano fatto simile a loro donandogli facoltà sopra gli altri animali; la qual consiste non solo in poter operar secondo la natura et ordinario, ma et oltre fuor le leggi di quella» (G. Bruno, *Opere italiane*, Utet, Torino 2002, pp. 323-24). Di modo che l'uomo «formando o possendo formar altre nature, altri corsi, altri ordini con l'ingegno», con la libertà propria degli dei, «venisse a serbarsi dio de la terra» (*Ibidem*).

La superiorità umana sugli animali si regge sul rapporto tra **intelletto e mani**, come già aveva affermato Anassagora. E l'uomo rinascimentale è per eccellenza *homo faber*, che fabbrica la sua dimora e il suo ambiente (→ S.d.P., § 3).

L'uomo crea le scienze, le istituzioni e la società stessa

L'uomo dunque con la sua opera pratica affianca l'opera creatrice del Dio-natura. E **crea** il suo mondo nella sua totalità: «le istituzioni de dottrine, le invenzioni de discipline, le congregazioni di cittadini, le strutture de gli edifici, et altre cose assai che significano la grandezza ed eccellenza umana» (*Ivi*, p. 354).

§ 4.3. LA MODERNITÀ DI BRUNO

Bruno, radicale fautore dell'autonomia **moderna** dell'uomo, è però estraneo alla rivoluzione scientifica

In conclusione, possiamo dire che la filosofia di Bruno ha scosso il vecchio mondo, ha distrutto antiche certezze e articolate gerarchie, ha immerso l'uomo nell'infinito, ma ha, per così dire, addomesticato l'infinito, superando ogni spaesamento: **l'uomo è in un universo senza centro e senza confini, ma è a casa sua**.

In questo senso Bruno è precursore della modernità. Questo non significa però che sia collegato alla moderna rivoluzione scientifica. Egli non ha nessun interesse per i calcoli astronomici di Copernico, e anzi pensa che la passione per i calcoli abbia impedito all'astronomo di cogliere l'infinità dell'universo. I numeri e le figure geometriche inoltre sono visti da lui in senso neopitagorico, come **simboli** di realtà nascoste nella natura.

Bruno contro il dominio europeo del mondo

Inoltre egli si oppone a uno dei capisaldi della modernità occidentale, il dominio – che si presume civilizzatore – degli europei sul mondo. Per Bruno gli uomini possono essere nati per generazione spontanea dalla natura e da ciò deriva che quelli nati in America non sono meno uomini degli altri. Oltre a ciò egli afferma che la conquista dell'America, e in prospettiva anche di altre terre, è un atto di rapina e di pirateria, aggravato dall'imposizione del cristianesimo ai popoli conquistati.

§ 5. FRANCESCO BACONE, IL FILOSOFO DELL'ERA INDUSTRIALE

Bacone ritiene che la stampa, la bussola e la polvere da sparo abbiano aperto una nuova era: non c'è più bisogno della scienza di Aristotele.

Bacone, fautore del progresso tecnico grazie all'applicazione della scienza

Bruno fu il filosofo che ruppe con il cristianesimo medievale proclamando la piena autonomia dell'uomo sulla Terra, e che al tempo stesso si allontanò anche dalla cultura antica con l'esaltazione dell'*homo faber*, dell'uomo che costruisce il mondo storico e sociale in cui vive. Anche se l'inglese **Francesco Bacon** non si spinse così in là nel rifiuto della cultura cristiana medievale, è stato comunque definito il «**filosofo dell'era industriale**», in quanto portavoce di un altro aspetto fondante della cultura moderna: la prospettiva dello sviluppo tecnico grazie all'applicazione sistematica delle scoperte scientifiche.

Nato a Londra, Bacon (Francis Bacon, 1561-1626), come suo padre, intraprende una brillante carriera politica, diventando infine Lord Cancelliere. Accusato di corruzione, si confessa colpevole e viene condannato alla prigione e a una forte multa, ma viene subito graziato dal re. Da quel momento si ritira a vita privata e si dedica interamente agli studi.

In Inghilterra si sviluppano il commercio, l'agricoltura e la navigazione

Nell'Inghilterra di allora i ceti borghesi, dediti ad attività commerciali e imprenditoriali, acquistano progressivamente potere rispetto alla vecchia aristocrazia. Ispirati anche dall'esaltazione protestante dell'attivismo laborioso e dalla speranza che il successo nelle imprese pratiche fosse manifestazione della benevolenza divina, **i commercianti, gli armatori, i piccoli e medi proprietari terrieri e gli uomini di legge sono i protagonisti di una nuova società e di una nuova economia**. La stessa nobiltà si fa più attenta e interessata al sapere tecnico per poter eccellere nell'arte della guerra, nella navigazione, nella diplomazia. È Bacon che formula l'ideologia di questa nuova realtà sociale, proponendo nelle sue opere un'intima fusione tra scienza e tecnica, e un metodo scientifico sistematico che permetta un accrescimento continuo della conoscenza della natura.

Bacone esalta le scoperte e le invenzioni

Il filosofo inglese rivendica la funzione fondamentale che la tecnica ha avuto nella storia dell'uomo ed elabora una teoria della scienza come strumento di progresso e di dominio sulla natura. Egli esalta le conseguenze benefiche delle grandi scoperte, e considera assolutamente fondamentali queste tre, **sconosciute agli antichi**, cioè **l'arte della stampa, la polvere da sparo e la bussola**.

La scienza ha bisogno di un metodo per accumulare sapere e renderlo pubblico

Esse, secondo lui, hanno modificato radicalmente il nostro modo di stare al mondo e l'aspetto del mondo stesso (si pensi al peso della bussola per le scoperte geografiche) e nessun impero, nessuna religione o teoria, e nemmeno nessun influsso astrale esercitarono mai sulle cose umane un potere e un influsso maggiore. Per questo egli proponeva che lo studio della natura fosse organizzato in modo sistematico, secondo un **metodo** preciso, di modo che esso cominciasse a produrre in modo continuato quelle scoperte che fino ad allora erano state il risultato casuale di anonimi artigiani. La scienza deve interagire con la tecnica, rendere pubblici i suoi risultati, rendendo possibile l'accumulazione e il progresso

della conoscenza della natura. In tal modo il sapere sarà utilizzabile dalla tecnica e utile alla società.

Una filosofia politica "progressista"? Contro l'usura e a favore del colonialismo

Bacone sosteneva anche che lo Stato dovesse promuovere lo sviluppo economico, assecondando i ceti intermedi contro la nobiltà parassitaria. Si dovevano favorire le manifatture e lo sviluppo libero del mercato, e scoraggiare l'usura. Egli mostra anche aperta simpatia per il nascente imperialismo navale e coloniale inglese.

Il suo interesse per la teoria politica è testimoniato tra l'altro dalla sua conoscenza di Machiavelli, noto all'epoca in tutta Europa. Come lui, è convinto che il miglior cittadino, disponibile a difendere la patria in armi, sia il contadino proprietario, libero ed economicamente autosufficiente.

§ 5.1. LA NECESSITÀ DI UN METODO

Sino alla prima età moderna, le scoperte scientifiche sono state legate più spesso a scoperte fortuite e a singole intuizioni. Con Bacone emerge chiaramente la necessità di un metodo sistematico e rigoroso, non legato all'estemporaneità del caso.

Gli empirici ammucciano dati, i dogmatici pensano di avere in sé la verità

I contributi più importanti di Bacone riguardano la filosofia della conoscenza.

Egli chiama «**empirici**» quegli studiosi che, come le formiche, si limitano a raccogliere i dati della conoscenza sensibile e a far uso di quello che raccolgono; mentre i «**dogmatici**», come i ragni, traggono da sé la tela – credono cioè di poter ricavare tutta la conoscenza dalla ragione. Infine il vero filosofo tiene la via di mezzo: fa come l'ape, che estrae i succhi dai fiori, ma li trasforma e digerisce secondo la propria natura. L'uomo dunque deve elaborare i dati con l'intelletto.

La polemica contro l'aristotelismo scolastico e contro la filosofia come pura teoria

A proposito del metodo per conseguire la conoscenza, Bacone polemizza da un lato con l'aristotelismo delle università e dall'altro con la magia. Gli **aristotelici** speculavano in teoria sull'ordine della natura rifiutando ogni contatto con la tecnica; i **maghi** rinascimentali invece manipolavano le cose ma non avevano metodo, pazienza e umiltà.

Da un lato, dunque, i **filosofi antichi** e poi gli **scolastici** non credevano possibile modificare la natura e non prendevano neppure in considerazione l'idea di fabbricare qualcosa di simile a quello che la natura produce. A loro interessava solo la pura teoria: Aristotele fu il «peggiore dei sofisti», e da lui nacquero i cavilli della scolastica, e Platone fu un «gonfio teologo».

Magia e alchimia: molte ricerche empiriche, ma senza metodo

Ai **maghi**, che fondano la loro attività sul **senso**, Bacone rimprovera di rincorrere il prodigioso e lo straordinario invece di esaminare con pazienza e umiltà il corso regolare degli eventi. E gli alchimisti hanno costruito una filosofia naturale del tutto fantastica e di minima portata perché si sono fondati solo sulle loro intuizioni personali e su generalizzazioni affrettate. **Senza un metodo** e una direzione di ricerca le conclusioni, che si credono ricavate dalla natura, possono essere semplicemente **immagini di fantasia**.

§ 5.2. LA PARS DESTRUENS

Pars destruens: per fare ricerca bisogna eliminare i pregiudizi

Il *Novum Organum*, la sua opera più nota, già dal titolo indica la volontà di sostituire una nuova logica a quella aristotelica, l'*Organon*.

Ma una prima, preliminare operazione necessaria è **sgomberare il campo dai pregiudizi**, dalle illusioni che ingombrano la mente umana e le impediscono di vedere con chiarezza. Bacone li chiama «idoli» (*idola*) che significa fantasmi, ma

anche false divinità. Quattro sono i generi di idoli che insidiano il pensiero umano: gli idoli della tribù, della caverna, del foro e del teatro.

Pregiudizi tipici della natura umana

Gli **idola tribus** sono comuni a tutta la famiglia umana (la «tribù»). Il primo di questi è l'**antropomorfismo**, cioè la tendenza ad attribuire tratti umani a realtà non umane. Si cade vittime di questo inganno della mente per esempio quando si suppone che esista nella natura un **ordine finalistico a misura d'uomo**.

Pregiudizi che derivano da preferenze individuali

Gli **idola specus** (idoli della caverna) riguardano l'individuo e nascono dalle abitudini, dall'educazione, dalle tendenze personali, per cui per esempio si tende ad attribuire maggiore autorità ai libri di questo o quell'autore perché lo si ammira.

Pregiudizi che derivano dal linguaggio

Gli **idola fori** (idoli della piazza del mercato) dipendono dai reciproci contatti degli uomini attraverso il linguaggio. Tali idoli possono essere **nomi** di cose che non esistono, **inventati dai filosofi**, o nomi di cose che esistono, ma **confusi, ambigui, non ben definiti**. Da qui le numerose controversie scolastiche sul senso delle parole.

Pregiudizi legati alle scuole filosofiche

Bacone svela infine gli **idola theatri**. Il nome deriva dal fatto che i vari **sistemi filosofici** – moderni e antichi – sono stati creati come altrettante **storie presentate sulla scena e recitate**, che hanno prodotto **mondi fittizi da palcoscenico**.

Dobbiamo progredire oltre le conoscenze degli antichi

Come si vede, a Bacone l'antichità non appare più come l'epoca in cui le lettere e la filosofia hanno raggiunto una perfezione che all'età moderna è dato al massimo di eguagliare. Per Bacone **la scienza ha un carattere progressivo** ed è necessario **andare oltre i risultati raggiunti dagli antichi**. Le navigazioni ed esplorazioni in paesi lontani hanno svelato – egli afferma – molte cose della natura che possono gettar nuova luce sulla filosofia. E dobbiamo procedere oltre il mondo antico anche nell'uso dell'intelletto.

§ 5.3. LA PARS CONSTRUENS

Pars construens: istruzioni per l'uso

Criticati sistematicamente i pregiudizi, Bacone propone il suo nuovo metodo, che è essenzialmente una **disciplina rigorosa del processo induttivo**, cioè del procedimento che va dai casi particolari all'universale. Solo una ricerca sistematica guidata dalla ragione può dar luogo per Bacone a risultati scientificamente validi (il «miele» della conoscenza).

Dai singoli casi si ricava la forma comune

La ricerca deve partire dall'**esame accurato di tutti i casi** che riguardano il fenomeno che stiamo analizzando, anche se di genere molto diverso.

Si dovrà poi ricavare la **forma comune a tutti i casi**, o natura del fenomeno.

Esame metodico dei casi diversi in cui si presenta un dato fenomeno: presenza, assenza (quando invece ci aspettiamo che ci sia), variazioni di grado

Mentre da Galilei in poi, almeno in fisica, la legge universale è espressa attraverso un'equazione, che descrive il comportamento del fenomeno in generale, Bacone **respinge l'uso della matematica**. Propone invece un'**induzione graduale** dai dati particolari all'universale. Si comincia con la raccolta dei dati osservati in tre tavole: nella prima – **tavola delle presenze** – si registra la presenza del fenomeno studiato in una varietà di casi e di situazioni; nella seconda – **tavola delle assenze o delle deviazioni** – si registra la sua assenza là dove invece ci aspetteremmo che si trovi, per analogia con gli altri casi; nella terza si registra la **variazione di grado** del verificarsi del fenomeno.

Questa ordinata e sistematica raccolta di dati permette la formulazione di una prima **ipotesi**. L'ipotesi viene sottoposta a verifica sperimentale. Il fallimento di un'ipotesi porterà a nuove osservazioni, e a nuove ipotesi e verifiche – per prova

ed errore – fino all'**esperimento cruciale**, quello che, davanti a un bivio di ipotesi opposte, indica la strada giusta.

La spiegazione del calore

Vediamo il caso del calore secondo il metodo di Bacone. Egli elenca nella tavola delle presenze tutte le cose che si presentano calde. Bacone elenca fra le altre: i raggi del Sole, le meteore infuocate, i fulmini, ogni fiamma, i bagni caldi naturali, l'aria chiusa entro le caverne, tutto ciò che ha pelo folto, le scintille prodotte dalle selci ecc. Passa poi a raccogliere, nella tavola delle assenze, tutte le cose che, assomigliando ai dati positivi, farebbero supporre la presenza del calore e invece ne sono prive. Così i raggi della luna, i raggi solari nelle regioni prossime ai poli o sulle cime dei monti dove ci sono le nevi eterne; e poi ancora alcuni lampeggiamenti (fenomeni elettrici) che fan luce ma non bruciano ecc. Poi nella tavola dei gradi annota che gli animali crescono in calore per il movimento e gli esercizi fisici, per il vino, per la febbre ecc., che il Sole riscalda tanto più quanto i raggi cadono a perpendicolo, e così via.

Fornito di queste tavole, lo scienziato può finalmente mettere in opera l'induzione.

Egli tenta infine una risposta positiva, che presenta come una **prima ipotesi** che dovrà peraltro essere confermata da successivi esami. Bacone avanza l'ipotesi che il calore sia un «movimento di espansione represso» che agisce sulle particelle di un corpo. Si tratta di una risposta che sembra preludere alla teoria cinetica del calore.

Per Bacone l'ipotesi corretta coglie la «stessissima realtà» (cioè la «forma» della cosa – un residuo di aristotelismo).

Alla fine, dice Bacone, arriviamo alla natura profonda delle cose, alla loro «stessissima realtà» («*ipsissima res*»). Questo superlativo evidenzia il legame che la scienza baconiana conserva con uno dei caratteri fondamentali della tradizione classica: l'**analisi qualitativa** della realtà, la determinazione dell'**essenza**. Proprio questa tradizione sarà superata da Galilei (→ cap. 4, §§ 8-9), che punterà sulla ricerca delle caratteristiche **quantitative** (estensione, forma geometrica, velocità ecc.), riducibili a termini matematici, al posto di quelle qualitative sensibili, dalle quali Aristotele ricavava l'essenza.

Bacone, nonostante la sua violenta polemica antiaristotelica, usa anche il termine «forma», di origine aristotelica, per indicare il principio interno, invisibile ai sensi, che regola i fenomeni naturali.

§ 5.4. IL POTERE DELLA SCIENZA E DELLA TECNICA: L'UTOPIA TECNICO-SCIENTIFICA

La scienza progredisce accumulando conoscenze attraverso la comunicazione tra i soggetti

La ricerca sistematica, nella quale consiste per Bacone il lavoro scientifico, richiede la collaborazione di molti. La nuova scienza ha come carattere fondamentale la **progressività** (può essere progressivamente accumulata, con un effetto moltiplicatore) e l'**intersoggettività** (è condivisibile tra soggetti). Non è il risultato della genialità individuale e del caso. Per potersi sviluppare ha bisogno dei contatti umani, della pubblicità dei risultati, di un metodo e di un linguaggio rigoroso, ma allo stesso tempo semplice e chiaro, che renda possibile la collaborazione.

Bacone immagina l'organizzazione della scienza in un'isola utopica, che porterebbe a nuove straordinarie invenzioni.

La Nuova Atlantide è il titolo di un'opera in cui Bacone immagina un'isola lontanissima in cui il sovrano promuove la «Casa di Salomone», un'istituzione per la ricerca e la scoperta della «vera natura delle cose». Bacone ne descrive l'organizzazione e le scoperte e preannuncia le mirabolanti conquiste tecnologiche a cui l'organizzazione scientifica consentirà di pervenire: strumenti per produrre

calore dal movimento, sistemi per comunicare a grande distanza, macchine per volare, navi per navigare sott'acqua, organismi viventi artificiali, e così via.

Bacone non ci parla dell'organizzazione politica della sua isola ideale, ma ci tiene a sottolineare che **il collegio di scienziati non ha potere politico**, anche se lo Stato assicura loro **abbondanti mezzi, piena libertà di ricerca e autonomia**.

Bacone è consapevole dei rischi della scienza: per lui esistono scoperte pericolose.

Gli scienziati **rendono pubbliche** le loro «nuove e più utili invenzioni». Ma tra loro tengono consultazioni per **decidere quali scoperte ed esperienze da loro realizzate possano essere rese note al pubblico e quali no**; e prestano tutti giuramento di non diffondere mai quelle che pensano debbano restare segrete. Alcune di queste talvolta le rivelano allo Stato; altre neppure ad esso.

Per Bacone dunque ci sono scoperte che gli scienziati non dovrebbero far conoscere a nessuno – nemmeno allo Stato (oggi, forse, aggiungerebbe: e nemmeno alle grandi multinazionali). Egli, tuttavia, è stato accusato di essere il padre di quel tecnicismo neutro che è tanto diffuso nella cultura contemporanea. L'instaurazione del potere sulla natura e l'avanzamento del sapere appaiono certo a Bacone come dei valori, ma solo se realizzati in un più ampio contesto positivo che concerne la religione, la morale, la politica. Il progresso materiale non porta felicità se disgiunto dalla suprema virtù dell'amore.

LETTURE

Testo 1. TOMMASO CAMPANELLA. Un'educazione a fumetti. Tratto da *La città del Sole*, G. D'Anna, Firenze 1979, pp. 53-54

L'amore per il sapere, teorico e pratico, per la conoscenza della matematica, della natura e delle tecniche più svariate, è la prima cosa che il visitatore percepisce quando visita la città di Taprobana, perché i sette "gironi" delle sue mura sono tutti pieni di immagini scientifiche, con ampie didascalie.

Nelle mura del tempio esteriori [...] vi sta ogni stella ordinatamente, con tre versi per una.

Nel dentro del primo girone tutte le figure matematiche più che non scrivesse Euclide ed Archimede, con la loro proposizione significativa. Nel di fuori vi è la carta della Terra tutta e poi le tavole d'ogni provincia con diritti e costumi e leggi loro, e con l'alfabeti ordinati sopra il loro alfabeto.

L'interno del secondo girone è dedicato ai minerali e ai metalli, e l'esterno a tutto ciò che è liquido: immagini di laghi, di mari e di fiumi, con didascalie, ma anche campioni di liquidi di ogni genere, alcuni dei quali sono farmaci portentosi.

Nel dentro del terzo vi son tutte le sorti di erbe ed arbori del mondo pinte, e pur in ceste di terra sopra il rivellino, e le dichiarazioni dove prima si ritrovarò, e le virtù loro, e le simiglianze c'hanno con le stelle e con li metalli e con le membra umane, e l'uso loro in medicina. Nel di fuori tutte le maniere di pesci di fiumi, lachi e mari e le virtù loro [...] e le simiglianze c'hanno con le cose celesti e terrestri [...].

La magia rinascimentale riteneva che vi fossero influssi delle stelle sul mondo terrestre e sull'uomo, e che questi influssi si rivelassero attraverso analogie di struttura tra le costellazioni, le piante, i minerali e l'uomo-microcosmo; si potevano quindi conoscere le proprietà curative delle piante conoscendo questi influssi.

Nel quarto e nel quinto girone troviamo uccelli, pesci e animali terrestri, sempre descritti nelle loro proprietà e in relazione della loro utilità per l'uomo.

Nel sesto, dentro vi sono tutte le arti Meccaniche, e l'inventori loro, e li diversi modi come si usano in diverse regioni del mondo. Nel di fuori vi son tutti li inventori delle leggi e delle scienze e dell'armi [...].

Nelle mura esterne del tempio [...] si trova disegnata ordinatamente ogni stella, con tre versi di spiegazione per una.

Nella parte interna del primo girone delle mura si trovano tutte le figure e le leggi matematiche, più numerose ancora di quelle che furono scritte da Euclide e Archimede, con una frase di spiegazione. Nella parte esterna c'è la carta di tutta la Terra e le tavole di ogni Stato, con i rispettivi diritti, costumi e leggi, e la trascrizione dei rispettivi alfabeti nell'alfabeto di Taprobana.

Nell'interno del terzo girone ci sono tutti i generi di erbe e alberi del mondo dipinti, e anche piantati in cassoni di terra sopra il contrafforte delle mura, con l'indicazione del luogo di provenienza, le loro proprietà e **le somiglianze che hanno con le stelle, con i metalli e con le membra umane, e il loro uso in medicina.** Nella parte esterna, ogni tipo di pesci, di fiume e di lago, e le loro proprietà, e **le somiglianze che hanno con le cose celesti e terrestri [...].**

Nel sesto, nella parte interna, ci sono le immagini di tutte le tecniche, dei loro inventori e i diversi modi in cui queste tecniche sono in uso nelle diverse regioni del mondo. Nella parte esterna ci sono tutti gli inventori delle leggi, delle scienze e dell'arte della

Onde io ammirato come sapeano quelle istorie, mi mostraro che essi tenevano di tutte le nazioni lingua, e che mandavano apposta per il mondo ambasciatori, e si informavano del bene e del male di tutti, e godono assai in questo. Vidi che nella China le bombarde e le stampe furo prima ch'a noi. Ci son poi li mastri di queste cose, e li figlioli, senza fastidio, giocando, si trovano saper tutte le scienze istoricamente prima perché abbin dieci anni.

guerra [...].

Perciò io chiesi ammirato come sapessero quelle storie, e mi mostrarono che essi conoscevano le lingue di tutte le nazioni, e che mandavano apposta per il mondo ambasciatori che s'informavano del bene e del male di tutti, e hanno un gran piacere a essere informati. Seppi da loro che in Cina le armi da fuoco e la stampa furono inventate prima che da noi [qui Campanella smentisce il luogo comune per cui si tratterebbe di invenzioni occidentali]. Ci sono poi gli esperti di queste materie, e i ragazzi, senza fastidio, giocando, arrivano a conoscere queste scienze sotto forma di narrazioni prima di avere dieci anni.

Più avanti Campanella dice: «Dopo li tre anni li fanciulli imparano la lingua e l'alfabeto nelle mura [...], caminando in quattro schiere; e quattro vecchi li guidano ed insegnano, e poi li fan giocare e correre». Tutti poi saranno introdotti nelle officine degli artigiani, per capire la loro vocazione professionale, in seguito tutti studieranno «matematiche, medicine et altre scienze» e, infine, faranno esperienza del lavoro di campagna. E più tardi, in base alle attitudini, saranno inseriti in una delle diverse professioni, ciascuna guidata da un capo. Ma tutti parteciperanno anche al lavoro agricolo. In sintesi, il sistema educativo immaginato da Campanella combina la sensibilità con l'intelletto, la teoria con la pratica, il lavoro con il divertimento, l'educazione della mente con quella del corpo (i giochi di squadra sono un aspetto importante della vita collettiva degli abitanti di Taprobana).

Testo 2. GIORDANO BRUNO. L'universo infinito

Tratto da *De l'infinito, universo et mondi*, in G. Bruno, *Dialoghi filosofici italiani*, Mondadori, Milano 2000, pp. 316-18, p. 289, pp. 435-37, p. 219

2.1. Mondi senza fine

Nessuno prima di Giordano Bruno aveva affermato in modo così consapevole ed entusiasta l'idea dell'infinità dell'universo e la libertà che ne deriva all'uomo. La grandezza di Dio non può manifestarsi se non in un universo infinito. In esso tutto muta e si rinnova; l'intelletto umano finalmente può spaziare libero, non più prigioniero entro i ristretti limiti del nostro piccolo mondo e sotto la custodia di un qualche dio.

Non sono fini, termini, margini, muraglie che ne defrodino e suttraggano la infinita copia de le cose: indi feconda è la terra et il suo mare, indi perpetuo è il vampo del Sole: sumministrandosi eternamente esca a gli voraci fuochi, et umori a gli attenuati mari; perché dall'infinito sempre nova copia di materia sottonasce.

Di maniera che megliormente intese Democrito et Epicuro, che vogliono tutto per infinito rinovarsi e restituirsi, che chi si forza di salvare eterno la costanza dell'universo [...].

Non ci sono confini, termini, margini o muraglie [la sfera delle stelle fisse e le sfere che secondo Aristotele facevano muovere i pianeti], che possano privarci e sottrarci l'infinita abbondanza delle cose: ché feconda è la terra e il suo mare, ed eterna è la vampa del Sole: non mancando mai alimento ai fuochi voraci e acque ai mari quando diminuiscono [per evaporazione]; perché dall'infinito vien fuori sempre nuova abbondanza di materia.

Di modo che Democrito ed Epicuro, che sostengono che tutto si rinnovi e si ricostituisca all'infinito, avevano capito meglio di quelli che si sforzano di sostenere che l'universo resti sempre

Cossì si magnifica l'eccellenza de Dio, si manifesta la grandezza dello imperio suo: non si glorifica in uno, ma in Soli innumerabili; non in una terra, un mondo, ma in duecentomila, dico in infiniti.

Di sorte che non è vana questa potenza dell'intelletto, che sempre vuole e puote aggiungere spacio a spacio, mole a mole, unitade a unitade, numero a numero: per quella scienza che ne discioglie da le catene di uno angustissimo, e ne promuove alla libertà di un augustissimo imperio, che ne toglie dall'opinata povertà et angustia, [aprendoci] alle innumerevoli ricchezze di tanto spacio, di sì degnissimo campo, di tanti coltissimi mondi; e non fa che circolo d'orizzonte [...] possa imprigionare il spirito, sotto la custodia di un Plutone e la mercé d'un Giove.

2.2. Dio crea in continuazione

Perché mai, si chiede Bruno, il Creatore dovrebbe accontentarsi di un mondo finito visto che il finito di fronte all'infinito è un puro nulla? Perché mai dovrebbe creare un particolare genere di esseri a preferenza di altri possibili e poi restarsene ozioso? Si afferma così il principio di ragion sufficiente, che sarà una delle idee-forza di Leibniz (→ cap. 8). Si afferma cioè l'idea che le cose contingenti (possibili) per esistere richiedano una causa efficiente, un creatore (e Dio per Bruno, essendo infinito, non può non essere la causa efficiente di infiniti mondi).

Perché vogliamo o possiamo noi pensare la divina efficacia sì ociosa? Perché vogliamo dire che la divina bontà la quale si può comunicare alle cose infinite e si può infinitamente diffondere, voglia essere scarsa e astringersi in niente, atteso che ogni cosa finita al riguardo dell'infinito è niente? Perché volete quel centro della divinità [...] rimaner più tosto sterile che farsi comunicabile, padre fecondo, ornato e bello? [...] perché deve essere frustrata la capacità infinita, defraudata la possibilità di infiniti mondi che possono essere [...]?

uguale a se stesso in eterno [Aristotele] [...].

Così si manifesta l'eccellenza di Dio, si manifesta la grandezza del suo dominio: egli non trae gloria da un Sole soltanto, ma da innumerevoli Soli; non da una sola terra, da un mondo soltanto, ma da duecentomila, che dico! da infiniti mondi.

Di modo che non è vana la potenza del [nostro] intelletto, che sempre vuole e può aggiungere spazio a spazio, massa a massa, unità a unità, numero a numero: grazie a quella scienza che ci scioglie dalle catene di un ristrettissimo impero, e ci promuove alla libertà di un impero augustissimo, che ci libera da presunte povertà e ristrettezze, aprendoci alle innumerevoli ricchezze di uno spazio così vasto, di un campo così degno, di tanti mondi così sapienti e fa sì che nessun cerchio d'orizzonte [sfera cristallina] [...] possa imprigionare il nostro spirito, sotto la custodia di un Plutone [che governi gli abissi infernali] e alla mercé di un Giove [che governi gli spazi celesti].

Perché vogliamo – e come possiamo – pensare che la potenza creatrice di Dio sia così oziosa? Perché pretendiamo, che la bontà divina, che si può comunicare a infinite cose e si può infinitamente diffondere, voglia essere scarsa e voglia limitarsi al nulla, dato che ogni cosa finita di fronte all'infinito è nulla? Perché sostenete che il centro della divinità [...] debba rimanere sterile piuttosto che rendersi comunicabile, come un padre fecondo, armonioso e bello? [...] perché deve essere resa vana la capacità infinita di Dio, perché deve essere negata falsamente la possibilità di infiniti mondi che possono esistere?

2.3. Infiniti corpi si muovono liberamente per gli infiniti spazi celesti

Bruno accetta l'idea che sia la Terra con il suo moto a spiegare il moto apparente dei cieli e si spinge persino a mettere in dubbio che le cosiddette stelle fisse siano realmente tali poiché, per la lontananza, non potremmo vederne gli spostamenti. Corpi infiniti si muovono liberamente per gli spazi infiniti.

Supposto per ora che la terra con il suo moto caggiona questa apparenza del moto diurno e mondano [...] noi rimarremo a dire che la luna (che è un'altra terra) si muova da per lei per l'aria circa il sole. Medesimamente Venere, Mercurio e gli altri che son pure altre terre, fanno i loro discorsi circa il medesimo padre de vita.

Moti propri di ciascuno son quei che si veggono, oltre questo moto mondano, e propri delle [stelle] chiamate fisse, e cotai moti sono di più che di tante differenze, che quanti son corpi; di sorte che mai si vedranno doi astri convenire in uno e medesimo ordine e misura di moto [...]. Sono dunque soli innumerabili, sono terre infinite, che similmente circuiscono quei soli, come veggiamo questi sette [i sette pianeti] circuire questo sole a noi vicino.

La ragione [per cui non veggiamo questi lumi] è perché noi veggiamo gli soli, che son più grandi, anzi grandissimi corpi, ma non veggiamo le terre, le quali, per essere corpi molto minori, sono invisibili, come non è contra ragione che siano di altre terre ancora che versano circa questo sole, e non a noi manifeste o per lontananza maggiore o per quantità minore, e per non aver molta superficie d'acqua, oppure per non aver detta superficie rivolta a noi ed opposta al sole [...].

Supposto per ora che la Terra con il suo moto causi questa apparenza del moto giornaliero del Sole intorno alla Terra e quello (annuale) del mondo, [...] ciò equivale a dire che la Luna (che è un'altra Terra) si muova per conto suo nell'aria attorno al Sole. Allo stesso modo Venere, Mercurio e gli altri pianeti, che sono pure altre Terre, fanno i loro giri intorno allo stesso padre della vita.

Moti propri di ciascun corpo sono quelli che si vedono, oltre al moto del nostro mondo, e propri delle cosiddette stelle fisse, e questi moti sono di differenti generi più di quanti non siano i corpi stessi; di modo che non si vedranno mai due astri accordarsi secondo un unico e uguale ordine e misura di moto [...] Ci sono dunque Soli innumerevoli, ci sono Terre infinite, che in modo simile girano intorno a quei Soli, come i sette [pianeti] che vediamo girare intorno a questo Sole a noi vicino.

La ragione per cui non vediamo questi astri è che noi vediamo i Soli, che sono corpi più grandi, anzi corpi grandissimi, ma non vediamo le Terre, le quali, essendo corpi molto minori, sono invisibili, come non è contro ragione che esistano anche altre Terre che girano intorno a questo Sole, e non visibili da noi, o perché più lontane, o perché più piccole, e per non avere molta superficie d'acqua [che rifletta i raggi solari], oppure per non aver tale superficie rivolta a noi e opposta al Sole [...].

2.4. Tutte le cose sono animate

Lo spazio di Bruno non è vuoto, è pieno di essere. Un vuoto senza nulla significherebbe un limite all'azione creatrice. Un'unica forza vitale agisce in tutte le cose. L'anima del mondo (concetto di derivazione platonica e neoplatonica) è Dio stesso. La dottrina dell'animazione universale si traduce in una visione panteistica del tutto. Qui sono abbandonate le cautele e i compromessi di Marsilio Ficino (→ cap. 1, § 6).

Quel spirito si trova in tutte le cose le quali se non sono animali, sono animate; se non sono secondo l'atto sensibili d'animalità e vita, son però secondo il principio e certo atto primo d'animalità e vita [...].

Se dunque il spirito, la anima, la vita si ritrova in tutte le cose e, secondo gradi empie tutta la materia, viene certamente ad essere il vero atto e la vera forma di tutte le

Quello spirito si trova in tutte le cose che, se non sono propriamente degli animali, sono animate; se non sono in atto sensibili e dotate di animalità e vita in senso proprio, posseggono tuttavia un primo grado di animalità e di vita [...].

Se dunque lo spirito, l'anima, la vita si ritrova in tutte le cose e, in diversi gradi riempie tutta la materia, esso certamente è alla fine il vero atto e la

cose. L'anima dunque del mondo è il principio formale costitutivo de l'universo e di ciò che in quello si contiene: dico che se la vita si trova in tutte le cose, l'anima viene ad essere forma di tutte le cose: quella è per tutto presidente alla materia, e signoreggia nelli composti, effettua la composizione e consistenza de le parti.

vera forma di tutte le cose. L'**anima del mondo** dunque è il principio formale costitutivo dell'universo e di ciò che è contenuto in esso: dico che se la vita si trova in tutte le cose, l'anima viene a essere forma di tutte le cose: quella dappertutto dà le sue direttive alla materia, mostra il suo dominio sulle cose composte, ed effettua la composizione e l'unificazione delle parti.

Testo 3. ALEXANDRE KOYRÉ. Il giudizio di Koyré su Bruno.

Tratto da *Dal mondo chiuso all'universo infinito*, Feltrinelli, Milano 1970, p. 48

Questo giudizio del grande storico della scienza Alexandre Koyré coglie gli aspetti paradossali della filosofia di Bruno.

Giordano Bruno, mi spiace dirlo, non è un filosofo molto buono [...] la concezione bruniana del mondo è magica e vitalistica; i suoi pianeti sono esseri animati che si muovono liberamente nello spazio [...]. Bruno non è affatto uno spirito moderno. Tuttavia la sua concezione è tanto potente e profetica, tanto sensata e poetica che non possiamo che ammirarla, insieme con il suo autore. Ed essa ha influenzato così profondamente [...] la scienza e la filosofia moderne, che non possiamo non assegnare a Bruno un posto importantissimo nella storia dello spirito umano.

Testo 4. FRANCESCO BACONE. La verità è figlia del tempo.

Tratto da *Cogitata et visa*, in F. Bacone, *Opere*, Utet, Torino 1973, p. 394

Nell'antichità, nel medio evo e ancora nel Rinascimento, il potere delle classi dominanti aristocratiche dipendeva tra l'altro dal prestigio dei loro antenati e tutto quello che era vecchio, o meglio antico, era considerato pregevole. Nell'età della crescita dell'influenza della borghesia, di cui il pensiero di Bacone è un'espressione, conta invece la novità.

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 delle parole. Il termine **antichità** indica propriamente la vecchiezza e l'età adulta del mondo.

Bacone scopre la falsa prospettiva creata dall'uso tradizionale dei termini. Grazie all'accumulazione del sapere nel tempo, i discendenti devono avere più conoscenze degli antenati, e non viceversa.

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, per la stessa ragione dovremmo sperare dalla nostra età cose molto maggiori che dai tempi antichi; giacché essa è la più avanzata 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 non gettare 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.

Testo 5 . FRANCESCO BACONE. La collaborazione tra tecnica e scienza

Tratto da *La nuova logica*, Laterza, Bari 1964, Libro primo, aforismi 78, 2, 3, 95

5.1. Le grandi invenzioni hanno mutato il mondo

Bacone rivendica con forza la funzione fondamentale che la tecnica ha avuto nella storia dell'uomo.

Fermiamoci a considerare la forza e gli effetti e le conseguenze delle scoperte che in nessun caso appaiono manifeste come in tre invenzioni sconosciute agli antichi e la cui ragione, sebbene recente, è oscura: vale a dire l'arte della stampa, la polvere da sparo e l'ago calamitato. Esse infatti hanno mutato completamente l'aspetto e le condizioni del mondo; la prima nelle lettere, la seconda nell'arte militare, la terza nella nautica; a questi sono seguiti altri innumerevoli cambiamenti, talché si può dire che **nessun impero, nessuna setta, nessun astro** esercitarono mai sulle cose umane un potere e un influsso maggiore di queste scoperte.

Dunque, né il potere politico-militare, né le sette religiose, né l'influenza degli astri (a cui molti suoi contemporanei credevano fermamente) hanno avuto l'influenza di quelle invenzioni.

5.2. La tecnica usa le leggi di natura a nostro vantaggio

Bacone rivaluta le arti meccaniche e auspica una collaborazione fra sapere tecnico e sapere scientifico e fra sensi e intelletto, riprendendo aspetti centrali della nuova cultura del Rinascimento.

Né la mano da sola né l'intelletto abbandonato a se stesso valgono granché: il fine si raggiunge meglio a mezzo di strumenti o di aiuti, di cui abbisognano così l'intelletto come la mano. E come gli strumenti della mano ne accrescono il vigore e meglio la sorreggono nelle sue operazioni, così quelli della mente rafforzano l'intelligenza e meglio la preservano dagli errori.

Scienza e potere umano coincidono in ciò, che **l'ignoranza della causa ci fa sfuggire l'effetto**. Alla natura infatti non si comanda, se non obbedendole; e ciò che nell'esperienza si ritiene come causa, nell'operare si tiene per regola.

Se non conosciamo le cause di un fenomeno non siamo in grado di ripeterlo a nostra volta con mezzi artificiali.

I cultori delle scienze sono stati o empirici o dogmatici: gli empirici come le formiche raccolgono solo ciò che loro occorre; i razionalisti, come i ragni, traggono da loro stessi la loro tela. L'ape, invece, tiene la via di mezzo: cava dai fiori dei giardini e dei prati la materia, che per virtù propria elabora e trasforma. Non diverso è il vero filosofare, che né poggia solo o principalmente sulle forze dell'intelletto, né si attiene ai dati quali sono offerti nella loro immediatezza dalla storia naturale e da meccanici esperimenti, ma li sottopone al vaglio critico dell'intelletto. Perciò è da sperare bene da una stretta unione, che finora è mancata, fra le due facoltà sperimentale e razionale.

Testo 6 . Francesco Bacone. Liberarsi dai pregiudizi per ragionare e fare ricerca. Tratto da *La nuova logica*, Laterza, Bari 1964, Libro primo, aforismi 39, 41, 42, 43, 44.

Come il fedele può entrare nel Regno di Dio, solo se si fa fanciullo, così l'uomo può penetrare nel regno della scienza, solo se avrà prima accuratamente purificato il suo intelletto dagli «idoli», ovvero dai pregiudizi che lo ingombrano.

Di quattro specie sono gli idoli che ingombrano le menti umane: li chiameremo per intenderci, **idoli della tribù**, della spelonca, del mercato e del teatro.

*Idolo deriva dal greco *éidolon* (εἰδωλον) che significa immagine, simulacro, rappresentazione, e che quindi si usa per le immagini degli dei. Bacone lo usa nel senso di immagini deformate, false.

Gli **idoli della tribù** hanno il loro fondamento nella stessa natura umana, sono comuni all'intero genere umano. Falsa è infatti l'asserzione che i sensi sono misura di tutte le cose; perché, al contrario, tutte le rappresentazioni, così del senso come della mente sono relative all'uomo e non all'universo [...].

Gli **idoli della spelonca** hanno carattere puramente individuale [...]. Ché lo spirito umano, a seconda dei singoli individui, è veramente vario, soggetto ad impressioni mutevoli e fortuite: gli uomini, per dirla con Eraclito, cercano le scienze nei loro particolari mondi, non già nel più vasto mondo comune a tutti [...].

Vi sono poi gli errori che nascono dai vicendevoli contatti, dalla comunione e dalle relazioni tra gli uomini, errori che per la loro provenienza chiamiamo **idoli del mercato**. Gli uomini infatti comunicano fra loro per mezzo di parole, le quali però s'impongono nel modo e nel senso in cui le intende il volgo. Tale modo errato e inadeguato di intendere le parole ingombra la mente in mille guise [...]. Le parole forzano con facilità l'intelletto, portano in ogni campo confusione, trascinano molti uomini a innumerevoli discussioni, a vane controversie.

Vi sono infine altri errori che sono penetrati negli animi degli uomini per la via dei diversi sistemi filosofici e dei falsi metodi di dimostrazione, perché tutti i sistemi filosofici, che sono stati trovati o inventati, ci sembrano altrettanti drammi o mondi fittizi, scritti e rappresentati sulla scena [i cosiddetti **idoli del teatro**].

LABORATORIO

PER SVILUPPARE QUESTE PROPOSTE BISOGNA AVER LETTO IL PAR. 1 DELLA S.D.P. E IL PAR. 1

RICERCA STORICA

Magia, astrologia e modernità

I maghi e gli alchimisti rinascimentali si presentano sotto un duplice aspetto: come esponenti di un sapere che si rifà al neoplatonismo antico, all'antica teologia astrale e all'antica e leggendaria filosofia ermetica, e come liberi indagatori della natura e inventori di nuovi ritrovati e farmaci. Attraverso la storia generale e la storia delle letterature che conoscete, e i siti qualificati, fate una ricerca su figure di maghi rinascimentali, come Paracelso o Cardano.

APPROFONDIMENTO

Per integrare la ricerca, si potrebbe leggere il romanzo di Marguerite Yourcenar, *L'Œuvre au noir* (*l'Opera al nero*), del 1968, che pur raccontando la vita di un personaggio immaginario è una attenta ricostruzione dell'ambiente dei dotti rinascimentali in ambiente fiammingo. Il protagonista, filosofo alchimista e medico, è testimone anche della rivolta anabattista di Münster (→ cap. 2, § 3).

RICERCA-AZIONE

La teoria delle somiglianze e analogie tra il macrocosmo astrale, il mondo terrestre e il microcosmo del corpo e della mente umani attraversa il mondo antico, il Medioevo, le culture araba ed ebraica a noi contigue, il Rinascimento e gran parte della cultura europea del Sei-Settecento. Nulla di strano che sia viva ancora adesso. Fate un'inchiesta-sondaggio nel vostro ambiente per sapere su quali basi chi crede all'astrologia giustifichi la sua credenza.

PER SVILUPPARE QUESTE PROPOSTE BISOGNA AVER LETTO IL PAR. 3 E IL T1.

ANALISI DEL TESTO

Come avviene l'apprendimento per Campanella

Il sensista Campanella ha una visione particolare della conoscenza: quale tipo di educazione propone di conseguenza? Quale tipo di rapporto tra educatore ed educato ne risulta?

CONFRONTO E ANALISI DEI CONCETTI

L'utopia solare di Campanella

Provate a confrontare le tematiche della *Città del Sole* con quelle dell'*Utopia* di Moro (anche qui rimandiamo all'antologia di Leone Bortone; c'è anche un breve riassunto dell'opera in Wikipedia).

PER SVILUPPARE QUESTE PROPOSTE BISOGNA AVER LETTO IL PAR. 3 E I PAR. 5 E 6

CONFRONTO E ANALISI DEI CONCETTI

Telesio e Bacone

Provate a capire quali sono gli elementi del pensiero di Telesio che hanno destato l'entusiasmo di Bacone.

PER SVILUPPARE QUESTE PROPOSTE BISOGNA AVER LETTO IL PAR. 4 E IL TESTO 2

CONFRONTO E ANALISI DEI CONCETTI

Bruno, il Dio-Tutto e l'universo infinito

Partendo dal § 4 e dal T2, chiedetevi quali sono le differenze tra la concezione della divinità propria di Bruno e quella di Cusano e di Ficino, che sono anch'essi platonici, ma meno inclini al panteismo.

ANALISI DEL TESTO E CONFRONTO

Bruno, Cusano e l'universo

Per quanto riguarda l'immagine dell'universo, confrontate Bruno con Cusano (cap. 1, § 5 e T1). Bruno ha affermato di essersi ispirato al «divino Cusano», ma tra i due ci sono atteggiamenti e modi espressivi molto diversi per quanto riguarda le pretese della conoscenza. Individuateli.

PER SVILUPPARE QUESTE PROPOSTE BISOGNA AVER LETTO IL PAR. 5 E IL PAR. 6 E IL T5.

ANALISI DEI CONCETTI

Il fine della scienza per Bacone

Per quali fini la scienza deve essere in rapporto con la tecnica? Da che punto di vista Bacone critica i filosofi antichi e gli scolastici? Perché invece critica i maghi?

ANALISI DEI CONCETTI

Bacone: il metodo

Provate a sintetizzare la parte costruttiva del metodo di Bacone.

PER SVILUPPARE QUESTE PROPOSTE BISOGNA AVER LETTO IL PAR. 7 .

ANALISI DEI CONCETTI

Il progresso

Ricapitolando i diversi punti del pensiero di Bacone sul progresso, chiedetevi che cosa lo rende possibile e a che cosa serve.

RICERCA TESTUALE AVANZATA

Bacone. *La Nuova Atlantide*

La ricerca si può svolgere sia sul testo integrale, reperibile in biblioteca, sia su di una buona antologia, come quella già ricordata di Leone Bortone. Un tema di lavoro può essere quello delle regole della comunità scientifica della Nuova Atlantide.

CAPITOLO 4. LA RIVOLUZIONE SCIENTIFICA E LA NASCITA DELLA SCIENZA MODERNA

Nel Seicento nella ricerca scientifica si diffonde il meccanicismo su base matematica che scalza definitivamente la filosofia aristotelica. Contemporaneamente le idee rivoluzionarie di Copernico e di Galilei, che sostengono che la Terra giri attorno al Sole, mandano in pensione anche l'astronomia aristotelico-tolemaica. Nonostante ciò, la cultura nel suo insieme resta imbevuta di idee magiche, pampsichistiche e astrologiche.

§ 1. MUTA LA VISIONE SCIENTIFICA DEL MONDO E CAMBIANO I PARADIGMI DELLA FISICA

Il mondo è stato creato apposta per l'uomo? È un grande animale o una grande macchina?

§ 1.1. LA NUOVA SCIENZA MATEMATICO-MECCANICISTA

La scienza matematico-meccanicista soppianta il finalismo aristotelico

Tra il secolo XVI e il XVII si assiste in Europa a un profondo cambiamento dei *paradigmi con cui si pensa la natura e il mondo: alle **cause formali e finali aristoteliche** subentrano come criterio di spiegazione le **cause efficienti e materiali**. Le cause finali rimandano all'essenza nascosta delle cose, indagata dall'intelletto, quelle finali ai fini delle cose stesse nell'ordine del mondo, mentre le cause efficienti e materiali rinviano a movimenti, urti e spinte visibili e misurabili. A questo profondo cambiamento si dà il nome di «**rivoluzione scientifica**». Essa segna la **nascita della scienza moderna a impianto matematico-meccanicistico**: la ricerca delle cause formali e finali viene dichiarata inutile e impossibile e si afferma una concezione della scienza oggettivamente verificabile e pubblicamente controllabile.

Tale scienza scalzò progressivamente da una parte la tradizionale concezione aristotelico-tomista, potentissima nelle università e nella Chiesa, dall'altra la magia rinascimentale, che però si sarebbe protratta ancora a lungo.

La magia concepiva l'universo come un essere vivente e senziente, un animale cosmico che vive e respira, e vedeva nella natura uno scrigno di prodigi sempre nuovi. Alla sensibilità del mago, che si tuffa in questa vita, la nuova scienza sostituisce il **calcolo matematico**. E il **nuovo modello di spiegazione dei processi naturali non è più l'organismo vivente, ma la macchina**.

* Paradigma, schema di spiegazione capace di diventare un modello di pensiero per un lungo periodo storico.

La nuova scienza rigorosa condivide però l'atteggiamento pratico-operativo e indipendente della magia

Tuttavia la scienza moderna ha in comune con la magia rinascimentale la **visione operativa dello scienziato, il rifiuto del principio di autorità come criterio di verità, l'abbandono di principi trascendenti per spiegare la realtà naturale**.

§ 1.2. LO SVILUPPO DELLA MANIFATTURA

Il meccanicismo nasce nell'età della manifattura

La macchina si può smontare (analizzare) e ricostruire. La scienza, più che ai fenomeni strani e inusitati, si volge a quelli comuni e ripetibili, quelli che l'uomo può imitare e copiare. La conoscenza del meccanismo attraverso cui opera la natura permette di acquistare un reale dominio su di essa ben oltre le formule magiche. Il mondo della tecnica e della macchina diventa parte integrante degli interessi degli scienziati: **la scienza è nata contemporaneamente al grande sviluppo della manifattura, che prelude l'era industriale**.

In questi secoli si attua un cambiamento senza precedenti della prospettiva geografica e geopolitica. La scoperta dell'America e quella di una nuova via

all'India circumnavigando l'Africa avevano aperto nuovi mercati e fatto nascere nuove ambizioni di dominio, ma anche grossi problemi di ordine tecnico: bisognava costruire navi idonee a solcare gli oceani, armarle di cannoni sempre più potenti, ideare nuove macchine tessili capaci di far fronte all'accresciuta richiesta di merci ecc.

Si fa **sempre più ricca e influente la classe dei mercanti**, uomini nuovi, ben decisi, in contrasto con le limitazioni della Chiesa, a godere delle cose materiali e attenti agli strumenti che rendono possibile procurarsele. Tecnici, artigiani, ingegneri, inventori, sempre più ricercati, acquistano un'importanza prima sconosciuta: di contro al disprezzo con cui queste professioni erano state fino ad allora guardate, si assiste a una **rivalutazione delle arti meccaniche e delle attività tecniche**, di cui si viene via via affermando insieme l'importanza pratica e il valore conoscitivo. Per la nuova mentalità c'è una **stretta connessione fra il fare e il sapere**.

§ 1.3. LA NUOVA ASTRONOMIA

La nuova astronomia rovescia il geocentrismo finalistico

Tuttavia non è con il geniale ingegnere Leonardo, né con il visionario Bacone che nasce la scienza moderna. Sarà nell'astronomia e nello studio dei moti celesti che si attuerà la svolta decisiva. Infatti era rimasta ben salda nella cultura la visione ***geocentrica**, per cui l'uomo è posto da Dio al centro del mondo, governato dai fini della provvidenza, sulla Terra immobile, con tutti gli astri che le girano intorno incastonati nelle sfere eteree, fino al rassicurante guscio del cielo delle stelle fisse, limite estremo della realtà. Tale visione sarà scalzata dall'**eliocentrismo** di Copernico, dalle tre leggi di Keplero relative al moto dei pianeti, dalla legge di Galilei della caduta dei gravi, dall'affermazione del principio di inerzia, e dalla legge di gravitazione universale di Newton, tutte quante **leggi espresse nel rigore della formula matematica**. Esse muteranno radicalmente il volto della scienza.

*Geocentrismo: teoria che considera la Terra centro del sistema solare, per cui il Sole le gira intorno.

*Eliocentrismo: teoria che considera il Sole centro del sistema solare, per cui la Terra gli gira intorno.

§ 1.4. IL MECCANICISMO MODERNO

Diversamente da Democrito, il meccanicismo moderno recupera Dio come «orologiaio del mondo»

La nuova scienza matematico-meccanicistica è certo debitrice del meccanicismo antico, e del resto il Rinascimento aveva riscoperto non solo platonismo e pitagorismo, ma anche i presocratici. Tuttavia **il meccanicismo di Democrito non implicava nessun riferimento diretto alla macchina**. Il termine (moderno) «meccanicismo» in quel caso significava soltanto che i movimenti degli atomi erano spiegati esclusivamente in base alle leggi meccaniche dell'urto dei corpi. Nella rivoluzione scientifica invece il riferimento alla macchina è chiaro ed esplicito. Ma questo permetterà un nuovo **compromesso** con la teologia: **la macchina**, anche se in essa tutto si spiega con cause meccaniche, **rimanda pur sempre a un progetto intelligente, a un Dio ingegnere, creatore dell'ordine del cosmo**, il quale invece per Democrito esiste per puro caso. È il Dio che avranno in mente Keplero, Galilei, Cartesio e Newton.

VERIFICA DELLE CONOSCENZE

1. Qual è il nuovo modello della spiegazione scientifica e come si differenzia dal finalismo e dalla magia?

2. In che senso la macchina è il modello della scienza meccanicistica? Quali sono le condizioni sociali in cui di fatto essa si sviluppa?

3. In che settore scientifico si attua la svolta decisiva? Che differenza c'è fra il meccanicismo antico e quello moderno?

§ 2. LA RIVOLUZIONE ASTRONOMICA DI COPERNICO

Oggi affermare che la Terra gira intorno al Sole pare ovvio, ma questa teoria si è affermata a costo di studi faticosi, persecuzioni e lotte.

Per Copernico la Terra – e l'uomo – non sono più al centro del mondo

La rivoluzione scientifica prende avvio dalla rivoluzione operata da Copernico nell'ambito dell'astronomia. Dalla **concezione *geocentrica** si passa alla **concezione *eliocentrica** che sfrutta l'uomo dalla sua dimora privilegiata al **centro dell'universo** ed elimina la differenziazione aristotelica fra il materiale di cui è fatta la Terra e la sostanza eterea di cui sarebbero fatti gli astri. A un tratto il cielo descritto da Aristotele e Tolomeo, da Dante e Tommaso d'Aquino, non appariva più lo stesso. Il sistema eliocentrico proposto da Copernico veniva a sconvolgere una visione millenaria.

Copernico lascia il sistema solare dentro il cielo delle stelle fisse

Copernico, secondo i suoi critici, contraddiceva il dettato delle Sacre scritture. Nonostante questo, vari elementi della riflessione copernicana sono ancora "antichi": secondo Copernico infatti **il sistema dei pianeti è racchiuso entro il cielo delle stelle fisse**, limite dell'universo stesso per Aristotele, ed è ancora viva in lui l'idea dell'**assoluta eterogeneità fra la materia terrestre e quella celeste**.

A stravolgere definitivamente la visione del mondo in cui l'uomo aveva per tanto tempo creduto sarà uno strano oggetto, nato in Olanda quasi come un giocattolo: il cannocchiale, con cui Galilei mostrerà in concreto che i corpi celesti non sono diversi dalla nostra Terra.

In sintesi, quella che noi oggi chiamiamo «visione copernicana dell'universo» in realtà è il risultato non solo dei calcoli di Copernico, ma degli studi fisici e astronomici di Keplero, Tycho Brahe e Galilei, delle straordinarie idee di Giordano Bruno e della riscoperta umanistica dei presocratici e di Democrito, padre del meccanicismo e contrario al finalismo.

§ 2.1. COPERNICO: LA TERRA GIRA INTORNO AL SOLE IN UN MONDO FINITO

Nikolaj Kopernik, noto in Italia come **Niccolò Copernico**, nasce a Turn, in Prussia, nel 1473. Cominciò lo studio dell'astronomia a Cracovia, ma lo continuò in Italia, tra l'altro a Padova, tradizionale sede di idee non conformiste. In Italia già nel 1514 cominciò a parlare agli amici delle sue innovative teorie cosmologiche, ma non osò pubblicare i suoi scritti. Il suo *De revolutionibus orbium coelestium* fu pubblicato solo nel 1543 alla vigilia della sua morte.

Il sistema tolemaico: Sole, Luna e stelle fisse girano intorno alla Terra con un perfetto moto circolare. E i pianeti?

Ai tempi di Copernico dominava ancora presso gli astronomi la teoria tolemaica. **Tolomeo** nel II secolo d.C. aveva organizzato i dati raccolti dai grandi astronomi matematici dell'epoca d'oro del Museo di Alessandria in un complesso e organico sistema astronomico, per cui **al centro dell'universo è la Terra, e attorno ad essa, incastonati in gusci di materia eterea, si muovono tutti gli astri e, ultimo, il cielo delle stelle fisse**, limite estremo dell'universo.

Tolomeo si era trovato a dover risolvere un difficile problema: a differenza delle traiettorie circolari delle stelle fisse, del Sole e della Luna, le orbite dei pianeti appaiono assai strane e del tutto irregolari (non a caso «pianeta» in greco vuol dire viandante). Sullo sfondo delle stelle fisse i pianeti sembrano infatti compiere un movimento più o meno simile a una "S" che li porta ad accostarsi alla Terra,

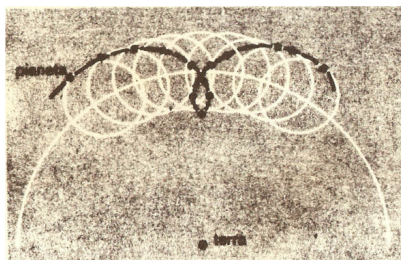
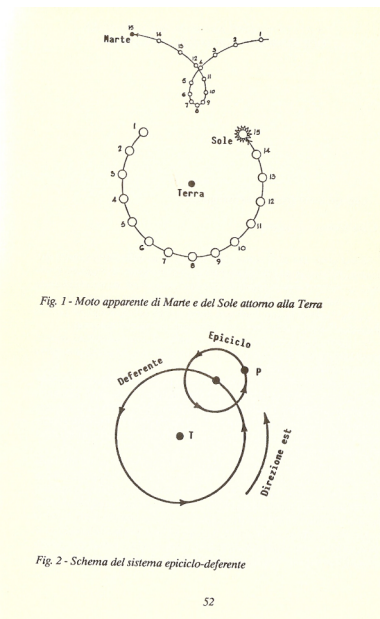
invertire la rotta e allontanarsi per poi riaccostarsi e di nuovo allontanarsi (→ figg. 1, 2 e 3).

Per Tolomeo i pianeti non girano intorno alla Terra secondo un'orbita circolare, ma si avvitano intorno a tale orbita

Tolomeo, non potendo ammettere che le orbite degli astri non fossero perfettamente circolari (il circolo era considerato la figura geometrica perfetta, l'unica adeguata ai corpi celesti), aveva cercato una combinazione di orbite circolari che desse ragione delle irregolarità. Egli immagina che **il pianeta si muova lungo una circonferenza, l'epiciclo, il cui centro si muova a sua volta su un'orbita circolare, il deferente**, avente come centro la Terra. La combinazione dei due moti dà luogo a una **traiettoria abbastanza simile a quella che i pianeti percorrono visibilmente**. Esisteva però ancora un piccolo divario fra le previsioni e il luogo in cui i pianeti venivano effettivamente a trovarsi, e Tolomeo ricorse a una serie di correzioni estremamente complesse (che qui non esaminiamo) raggiungendo un'approssimazione per i tempi assai notevole.

Copernico si ispira all'eliocentrismo di Aristarco di Samo

A Copernico questo sistema appare troppo complicato, del tutto incompatibile con la sapienza divina. Egli allora rilegge alcuni matematici e astronomi antichi che avevano sostenuto tesi diverse da quelle tolemaiche (i pitagorici, Eudosso, Aristarco di Samo) e fa propria l'idea **eliocentrica**, per cui la Terra si muove attorno al Sole.



Copernico afferma che con l'attribuzione alla **Terra** di un movimento di **rotazione sul proprio asse** e un moto di **rivoluzione intorno al Sole** è possibile **spiegare con molta maggiore facilità il moto dei pianeti** e attribuire all'intero sistema degli astri una semplicità e un'armonia di gran lunga superiore rispetto a quella del sistema tolemaico.

Per gli aristotelici la Terra, fatta di pesante materia profana, non può muoversi

L'idea che il Sole sia fermo e la Terra gli giri attorno non poteva non suscitare stupore e incredulità: noi infatti “vediamo” il Sole sorgere a est e tramontare a ovest. Copernico naturalmente poteva dare una spiegazione ottica di questo fenomeno. Bisognava però rispondere anche all'obiezione – oggi inconcepibile – degli aristotelici che ritenevano che un corpo così greve e massiccio come la Terra non potesse assolutamente muoversi, a differenza degli astri, costituiti dalla leggerissima materia eterea e incastonati nelle sfere celesti, e mossi a causa della loro attrazione verso Dio. Si trattava di un'obiezione che solo Galilei sarà in grado di superare affermando il principio d'inerzia (→ § 6).

Per Copernico tutte le orbite sono perfettamente circolari e il mondo è finito

La teoria di Copernico aveva comunque dei difetti matematici: convinto ancora che le orbite fossero perfettamente circolari, per far coincidere le previsioni con l'osservazione della reale posizione dei pianeti era costretto a ricorrere a molte delle complicazioni geometriche che caratterizzavano il sistema tolemaico. **Sarà solo Keplero che, attribuendo alle orbite la forma dell'ellissi, potrà far coincidere perfettamente le previsioni con le rilevazioni astronomiche.** Inoltre, come si è accennato, Copernico non metteva in dubbio l'idea tradizionale per cui il mondo è di grandezza finita, che sarebbe stata contestata ben presto da Giordano Bruno.

Osiander “censura” Copernico: l'eliocentrismo non è una realtà, ma serve solo per semplificare i calcoli

L'opera di Copernico fu data alle stampe con la prudente prefazione del teologo protestante Osiander, il quale diceva che Copernico non intendeva descrivere il sistema solare com'è in realtà, ma solo fornire un artificio matematico per rendere più facili le previsioni astronomiche. Non era questa la vera posizione di Copernico, che era ormai sul letto di morte e non poté protestare. Protesteranno per lui con veemenza Keplero, che per questo verrà scomunicato dalla sua Chiesa, Galilei che sarà costretto all'abiura, e Bruno, che pagherà l'audacia delle sue idee con la vita.

VERIFICA DELLE CONOSCENZE

1. Quale sconvolgimento culturale provoca il sistema copernicano?
2. Che cosa conserva Copernico dell'antica visione del cosmo? Quale novità metterà in crisi questo residuo tradizionale?
3. Come spiegava Tolomeo i movimenti «erranti» dei pianeti?
4. Quali obiezioni vennero fatte a Copernico?
5. Quali difetti aveva il sistema copernicano dal punto di vista astronomico-matematico?
6. Come venne presentata ai lettori l'opera di Copernico?

§ 3. TYCHO BRAHE E KEPLERO: LE SFERE CELESTI NON ESISTONO E LE ORBITE DEI PIANETI SONO ELLITTICHE

Si scopre che le traiettorie delle comete “bucano” le sfere celesti: qualcosa non va nelle teorie di Aristotele, ma anche in quelle di Copernico.

§ 3.1. TYCHO BRAHE

Un peso importante nella storia dell'astronomia avrà Tycho Brahe (1546-1601) per la sua grande abilità di meccanico che gli permetterà di raggiungere risultati molto più precisi nella misurazione delle distanze e dei movimenti degli astri rispetto ai dati a disposizione di Copernico.

Tycho Brahe scopre che il percorso delle comete è incompatibile con l'esistenza delle sfere celesti, ammessa da Copernico, ma rinuncia all'eliocentrismo

L'osservazione precisa delle comete porta Brahe a negare l'esistenza delle sfere che muovono gli astri: le comete infatti, nel loro corso, le attraverserebbero. Lo spazio celeste è dunque fluido e libero, aperto in tutte le direzioni. Ma Tycho Brahe non accetta il sistema copernicano, troppo eversivo, e

propone una terza via rispetto a Tolomeo e a Copernico, compatibile con la "lettera" delle Sacre scritture (in particolare con *Giosué*, 10,12, in cui Giosué chiede al Sole di fermarsi per favorire Israele in battaglia). Nel sistema ticonico **la Terra torna al centro dell'universo mentre gli altri astri girano attorno al Sole**. Tycho evita così anche la difficile domanda di come possa muoversi un corpo tanto «grosso e pigro, inabile a muoversi» come la Terra. Senonché si apre un altro problema: da che cosa sono mossi i pianeti visto che Tycho nega l'impalcatura che li teneva "sospesi"?

§ 3.2. GIOVANNI KEPLERO

Decisivo per la precisazione del modello copernicano fu il tedesco Johannes Kepler, italianizzato in **Giovanni Keplero** (1571-1630), insigne umanista e grande matematico. All'Università di Tubinga egli conobbe la teoria copernicana, che allora era insegnata normalmente solo sotto forma di ipotesi matematica.

Fondamentale fu per Keplero la collaborazione con Tycho Brahe, di cui fu assistente: poté usufruire dei suoi nuovi dati e giunse a eliminare dal sistema copernicano i residui arcaici ancora presenti in esso.

Keplero colloca l'eliocentrismo nel contesto del geometrismo platonico e conferma l'importanza dell'uomo – anche se decentrato – nella creazione

Profondamente legato al **neoplatonismo rinascimentale**, Keplero aveva abbracciato con entusiasmo la **dottrina copernicana** per il posto che Copernic attribuiva al **Sole**. Nel Sole egli vedeva il segno della prima persona della Trinità, «l'abitacolo di Dio Padre» e riteneva per questo che al Sole spettasse la posizione di centro dell'universo. Nel suo entusiasmo neopitagorico, affermava che il Sole è il corpo più bello e in qualche modo l'«occhio del mondo». Per lui l'allontanamento dell'uomo dal centro del mondo non rappresenta una diminuzione della sua importanza. All'uomo, egli dice, non spettava quel «trono regale», ma dopo il Sole non vi è globo più nobile e adatto all'uomo della Terra, che occupa un'orbita intermedia intorno al Sole, quella che meglio gli consente la visione di tutto l'universo. Dunque **l'uomo resta il fine per cui tutte le cose sono state fatte, la creatura più nobile del creato**.

Inoltre egli concepisce ancora l'**universo come limitato**, racchiuso entro i rassicuranti confini del cielo delle stelle fisse, e respinge l'idea di Giordano Bruno dell'infinità dell'universo. Sarà in conflitto anche con Galilei, per il quale è impossibile sapere se il mondo sia finito o infinito, ma che a ogni modo negherà l'esistenza della sfera delle stelle fisse, pensando invece che esse siano altrettanti soli sparpagliati nello spazio.

Le formule matematiche delle leggi di Keplero sono un momento importante della rivoluzione scientifica

L'importanza straordinaria di Keplero come scienziato fu la **formulazione delle leggi planetarie**. All'inizio dei suoi studi egli si era ancora attenuto all'idea della circolarità delle orbite. Ma aveva a disposizione le rilevazioni molto più precise di Tycho e dopo una lunga serie di tentativi pervenne alla conclusione che nessun sistema basato sulla combinazione di orbite circolari avrebbe potuto risolvere il problema. Cercò a lungo un'altra figura geometrica e alla fine scoprì che l'ellissi soddisfaceva pienamente i dati di Tycho. Formulò così la prima delle tre leggi del moto dei pianeti: **i pianeti percorrono un'orbita ellittica di cui il Sole occupa uno dei fuochi**. Abbandonò anche l'idea dell'uniformità del moto planetario: **la velocità del pianeta varia con la distanza dal Sole**. Più il pianeta nella sua orbita ellittica si avvicina al Sole più veloce è il suo movimento e viceversa.

Non un'anima o un'intelligenza, ma una certa «forza» determina il moto dei pianeti

Keplero ebbe inoltre l'ambizione di indagare le cause fisiche dei moti dei pianeti, che non potevano più essere spiegati con il moto delle sfere eteree. Egli in un primo tempo aveva parlato di un'**«anima motrix» insita nel Sole**, echeggiando l'idea aristotelica e tomista delle divine intelligenze motrici, ma in un secondo

momento, osservando che esiste una correlazione fra la velocità del pianeta e la sua distanza dal Sole, **si spinge fino a sostituire alla parola «anima» la parola «vis» (“forza”)**. È un passo di grandissima importanza. Egli infatti definisce questa forza come qualcosa di **corporeo**, se non a rigor di termini, «almeno in un certo senso». Keplero ricorre a un paragone fra l'azione del Sole sui pianeti e l'azione di una leva: i pianeti appaiono più pesanti da spostare quanto più sono lontani dal Sole, proprio come un peso attaccato al braccio di una leva risulta più pesante da sollevare se è appeso a una distanza maggiore dal fulcro. Questo paragone si colloca all'interno di una visione meccanicistica: certo nessuno attribuirebbe l'azione della leva a un puro intelletto celeste.

Il mondo cessava di essere visto come mosso da intelligenze angeliche o come un essere animato, quale era concepito dalla filosofia rinascimentale della natura, **per diventare un congegno meccanico**.

La perfetta macchina del mondo è opera di un divino orologiaio.

Come abbiamo detto nel § 1, questo meccanicismo non è affatto uguale a quello di **Democrito**, in cui contano solo **caso e necessità**. Keplero, come poi Newton, vede nel mondo un divino orologio e nel creatore il divino orologiaio che l'ha foggiato con infinita sapienza e assoluta precisione. **La scienza non entra in contrasto con la religione**. Keplero è inseparabilmente mistico neoplatonico e scienziato.

VERIFICA DELLE CONOSCENZE

1. Quali sono le caratteristiche del sistema di Tycho Brahe? Quali vantaggi tecnici aveva rispetto a Copernico? Che funzione ebbe l'osservazione delle comete nella sua teoria?

2. Qual è la cultura filosofica di Keplero? Come vede il posto dell'uomo nell'universo? Quali sono le scoperte astronomiche di Keplero e che importanza hanno nella rivoluzione scientifica? Da che cosa sono mossi gli astri secondo lui?

4. IL DRAMMA DI GALILEO E LA FONDAZIONE DELLA SCIENZA MODERNA

Uno scienziato straordinario, umiliato dall'abiura.

È a Galileo che spetta il merito di aver fondato la fisica moderna. Alla dottrina finalistica dei moti di Aristotele egli sostituì, infatti una **dottrina fondata sul moderno principio d'inerzia**.

Galileo unisce lo studio teorico alla costruzione di strumenti di misurazione

Galileo Galilei (1564-1642) nasce a Pisa e studia medicina e soprattutto matematica a Firenze. **Legge le opere dei greci, in particolare Euclide e Archimede, del quale apprezza il metodo e l'applicazione della matematica alla meccanica**. Proprio sulle indicazioni di Archimede produce la bilancia idrostatica per determinare il peso specifico dei corpi, che illustra nel suo primo scritto *La bilancetta*. La costruzione di strumenti di misurazione si accompagna fin da subito alla sua ricerca teorica.

Ottiene la cattedra di matematica a Padova dove insegnerà per 18 anni

Nel 1592 ottiene la cattedra di matematica a Padova, dove vivrà e lavorerà per diciotto anni. Accanto al suo studio allestisce un'officina nella quale costruisce strumenti per gli studi e le lezioni. **Da quella officina uscirà il famoso cannocchiale**.

I tempi relativamente sereni del periodo padovano erano destinati tuttavia a concludersi. A Padova Galilei godeva di una libertà per quei tempi eccezionale, aveva amici come il giovane Giovan Francesco Sagredo (1571-1620) e il frate Paolo Sarpi (1552-1623), teologo e storico; si era formato una famiglia, anche se non sposò mai la donna, Marina Gamba, che gli aveva dato tre figli. Egli tuttavia era tormentato da una costante preoccupazione: lo stipendio della Repubblica veneziana era modesto e gli impegni di lavoro, troppo gravosi, gli toglievano tempo per gli studi.

Galileo diventa matematico e "filosofo del serenissimo Granduca di Toscana"

Nel 1610 accetta perciò l'invito di Cosimo II de' Medici a trasferirsi in Toscana come matematico straordinario dello studio di Pisa e «**filosofo del serenissimo Granduca**» **senza obbligo di insegnamento**. Ma l'aria che tirava a Firenze non era certo quella di cui si godeva a Padova, da sempre centro di ricerche filosofiche e scientifiche non molto conformiste, da cui la libera repubblica di Venezia teneva lontana l'Inquisizione, onnipresente nel mondo cattolico. I guai per Galileo cominceranno soprattutto dopo la morte di Cosimo II, a cui succederà il bigotto e debole Ferdinando.

L'inizio del dramma: l'accusa di eresia

Ha inizio il dramma che condurrà Galileo davanti all'Inquisizione. **L'adesione al copernicanesimo gli costerà infatti l'accusa di eresia e una prima ammonizione da parte del sant'Ufficio già nel 1616** quando Galilei viene chiamato per la prima volta a Roma a rendere conto della sua dottrina di fronte alle autorità religiose. Riuscirà tuttavia a pubblicare il **Saggiatore** nel 1623 e nel 1632 il **Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, tolemaico e copernicano**. Si servirà della forma letteraria del dialogo per fingere di non prendere partito fra le due opposte teorie. Egli affida al personaggio di Simplicio la difesa dell'aristotelismo, a Salviati quello di difensore delle teorie copernicane e a Sagredo la funzione del moderatore che non si schiera né a favore di una tesi né dell'altra. Ma si tratta di un artificio che non può ingannare nessuno circa le reali posizioni dell'autore. Riuscirà ugualmente a pubblicare l'opera approfittando del clima di apparente maggior libertà seguito all'elezione a Papa del Cardinal Barberini (Urbano VIII), ma sarà proprio sotto Urbano VIII che nel 1633 si aprirà il triste processo.

O il rogo o l'abiura

La reazione della Chiesa sarà durissima: a Galileo, ormai vecchio e già minato nella salute, viene ingiunto di recarsi a Roma per comparire davanti al tribunale del Sant'Ufficio. Invano egli cerca di difendersi dalle accuse: viene processato e riconosciuto colpevole di aver diffuso la teoria copernicana nonostante la formale ammonizione ricevuta nel 1616. Il 22 giugno del 1633, nella Chiesa di Santa Maria sopra Minerva, in camicia, il capo cosparso di cenere, **Galileo deve leggere le parole dell'abiura**, in cui si impegna non solo a negare la dottrina copernicana e a non diffonderla ma a denunciare chiunque sappia che la professi: un gesto destinato a lasciare un segno profondo di amarezza nel suo animo.

La segregazione nella Villa di Arcetri

L'abiura lo salva dal rogo, ma non dalla condanna alla prigione a vita, commutata poi nell'isolamento a Siena e, successivamente, nella sua villa ad Arcetri. Gli ultimi anni della vita di Galileo passano nella solitudine, all'inizio attenuata dalla presenza della figlia Suor Maria Celeste, che ebbe con lui un profondo rapporto di affetto e comprensione. La morte precoce della figlia e la progressiva perdita della vista rendono gli ultimi anni di Galileo molto tristi, anche se non piegano la sua volontà. Infatti, ad Arcetri egli riesce a scrivere ancora i **Discorsi e dimostrazioni sopra due nuove scienze**, nei quali fa il punto sui suoi lunghi studi sul moto. L'opera viene trafugata dagli allievi e pubblicata in Olanda nel 1638. Galileo muore l'8 gennaio del 1642.

Le conseguenze della condanna di Galileo per la vita culturale in Italia saranno gravissime.

§ 4.1. IL PERIODO PADOVANO: LA SCOPERTA DEL CANNOCCHIALE

Una visione ravvicinata del mondo celeste

Copernicano convinto, vede nelle obiezioni di Tycho al moto della terra l'ostacolo più grave da superare.

Fu a Padova che Galileo conobbe le opere di Tycho Brahe, ma le sue simpatie andavano già tutte a Copernico del quale accettava pienamente l'idea del moto terrestre e la centralità del sole, e presto capirà che il vero ostacolo alla nuova astronomia era proprio Tycho con le sue obiezioni al moto della Terra.

Superare tale obiezioni e dimostrare la sostenibilità del moto terrestre diverrà il suo compito precipuo.

Non accetta la spiegazione di Keplero del moto planetario come dovuto ad una forza sita nel Sole

Galileo non accetterà la spiegazione di Keplero, che attribuiva al sole una forza capace di muovere i pianeti. A Galileo, come poi a Cartesio, una forza che si eserciti a distanza, senza contatto diretto, appariva ancora come il residuo di idee magiche. Egli penserà che il moto dei pianeti fosse dovuto all'inerzia e che quindi non avesse bisogno di essere spiegato da nessuna forza particolare. Egli intenderà la **forza d'inerzia** come circolare e questo gli renderà più facile rispondere alle critiche di Tycho. Noi ora sappiamo che in realtà il moto inerziale, come preciserà già Cartesio, è un moto rettilineo uniforme, ma Galileo, con la sua concezione del moto inerziale come circolare eviterà di porsi problemi che non era ancora il grado di risolvere e compirà ugualmente il passo fondamentale verso la scienza moderna. Ci ritorneremo più avanti.

Il cannocchiale permette di smentire la concezione aristotelica della "perfezione" dei cieli e di unificare mondo celeste e mondo terrestre.

È all'ultimo periodo del soggiorno padovano che risale **la scoperta del cannocchiale. Nelle mani di Galilei lo strano giocattolo giunto dall'Olanda si trasforma presto in uno straordinario strumento scientifico.**

Puntando il cannocchiale verso il cielo, Galilei si avvede di una cosa stupefacente: **la Luna, ben lungi dall'essere una sfera omogenea fatta di puro etere, materia perfetta e incorruttibile secondo gli aristotelici, presenta un aspetto molto simile alla Terra**, con monti ancora più alti e valli ancora più profonde. Scopre che il numero delle stelle è enormemente maggiore di quello visibile ad occhio nudo; che la via Lattea è composta di una miriade di stelle; che il Sole presenta delle macchie mobili (il che dimostra che non è affatto inalterabile e incorruttibile); che Giove ha quattro satelliti che gli girano attorno e che quindi non esiste la sfera cristallina nella quale, secondo Aristotele, esso sarebbe infisso. E poi ancora che Venere è illuminata dal Sole, che come la Luna presenta quattro fasi, e dunque è un pianeta che gira attorno al Sole, non alla Terra. **Galileo annuncia le straordinarie scoperte da lui compiute nel Sidereus Nuncius** (cioè "il messaggero celeste"), **pubblicato a Padova nel 1610**; nelle sue parole risuona, pur nell'abituale sobrietà dello stile, tutto l'entusiasmo e l'orgoglio di chi ha scoperto cose mai viste.

Galileo, distruggendo la cosmologia aristotelica, si trova a scontrarsi con le maggiori autorità dei tempi.

Galileo con le sue scoperte distruggeva totalmente la cosmologia aristotelica fondata sulla netta distinzione fra il mondo terrestre e quello celeste: il primo, costituito dai quattro elementi (terra, acqua, aria e fuoco) e pertanto soggetto al fenomeno della generazione e della corruzione; il secondo costituito di un solo elemento, l'etere, e perciò immutabile e incorruttibile. Galileo mostra come i corpi celesti non rappresentino affatto un mondo diverso da quello terrestre ma costituiscano un unico mondo fatto della stessa materia.

La portata delle scoperte di Galileo non poteva sfuggire a nessuno. Immediate le reazioni degli aristotelici, che videro in pericolo l'autorevolezza e il prestigio della tradizione da cui provenivano i loro studi e l'intero loro patrimonio culturale. Essi si sforzarono in tutti i modi di trovare obiezioni alle affermazioni di Galileo; qualcuno si spinse fino a postulare l'esistenza di una sostanza trasparentissima e invisibile, la quale ricoprirebbe gli avvallamenti della luna, restituendo all'astro la sua perfetta sfericità. **Con gli Aristotelici faranno immediatamente blocco le gerarchie ecclesiastiche**, che nella distinzione aristotelica dei due mondi vedevano per analogia l'esistenza di una istituzione destinata a durare immutata fino alla fine dei tempi di fronte alla società secolare mutevole e imperfetta. Lo scontro sarà inevitabile.

§ 4.2. LA DISTRUZIONE DELLA DOTTRINA ARISTOTELICA DEI MOTI

Galileo demolisce la dottrina aristotelica dei moti e unifica anche le leggi che governano terra e cielo

Insieme alla distruzione della cosmologia aristotelica, Galileo andava operando intanto anche la demolizione della dottrina aristotelica dei moti.

Aristotele non aveva solo sostenuto la diversità della materia di cui sono costituiti il mondo celeste e quello terrestre, ma aveva affermato che diverse sono nei due mondi anche le leggi del moto: i corpi celesti si muovono spontaneamente di moto circolare, l'unico adeguato alla perfezione della loro natura. In questo movimento, infatti, principio e fine si identificano, sicché il moto dura in eterno senza alterare il disegno complessivo dell'Universo. I moti terrestri invece sono rettilinei e si distinguono fra moti naturali e moti violenti. I moti naturali sono quelli che appaiono privi di costrizione, come il moto di una pietra che, lasciata andare, cade verso terra, o quello della fiamma che sale spontaneamente verso l'alto; i moti violenti sono invece quelli dovuti a una causa esterna, come il moto del carretto trainato da un cavallo o quello di una pietra scagliata da una fionda. Mentre i primi hanno termine quando il corpo in movimento ha raggiunto la posizione che gli spetta nell'ordine delle cose, i più pesanti, terra, acqua, al centro, in basso, i più leggeri, aria e fuoco in alto, i moti violenti cessano non appena viene meno la costrizione. Si tratta di una concezione finalistica che non riesce però a spiegare come mai un sasso lanciato prosegua per un tratto la sua corsa anche dopo che si è staccato dalla mano o dalla fionda che l'ha lanciato, invece di cadere subito a terra. Molti erano stati i tentativi ancora nel medioevo per spiegare il fenomeno, ma nessuno convincente.

Galilei apre la strada alla concezione meccanicistica del moto affermando il principio d'inerzia.

Chiara sarà invece la risposta di Galileo: se non ci fosse l'aria a rallentare il movimento, il sasso lanciato continuerebbe indefinitamente la sua corsa; se non ci fosse l'attrito del terreno, il carretto, una volta messo in moto, continuerebbe ad avanzare anche senza essere spinto: **i corpi sono indifferenti allo stato di quiete o di moto: essi tendono a conservare lo stato in cui si trovano fino a quando non intervenga una causa esterna a modificarlo.**

Nasce così l'idea dell'inerzia, che, come abbiamo già visto, sarà formulata adeguatamente solo da Cartesio ma che consente già a Galileo di smontare le critiche di Tycho al moto della terra e di dar inizio a una nuova scienza, la scienza moderna.

Galileo nega la distinzione fra corpi leggeri e corpi pesanti e riprende la legge di galleggiamento di Archimede.

Galileo arriverà anche a eliminare la distinzione aristotelica fra corpi pesanti e corpi leggeri e ad affermare che tutti i corpi sono gravi e tendono a cadere verso il basso: se qualcuno di essi non cade, come la nuvola o la piuma, è solo perché galleggia sull'aria; tolta l'aria, tutti i corpi cadrebbero a terra insieme.

Questa dottrina di Galileo, che riprende quella di Archimede del galleggiamento dei corpi, è di grande importanza perché apre definitivamente la strada ad una concezione meccanicistica del moto. Non i fini ma cause naturali determinano i fenomeni della natura. **La scienza cerca le cause materiali, meccaniche dei fenomeni, i fini le sono estranei.** Galilei ritiene che i fini essenziali che Dio si è posto nel creare il mondo sfuggano irrimediabilmente all'intelligenza e che "tentare le essenze" sia fatica inutile e vana.

Galileo risponde alle critiche secondo cui il moto velocissimo della terra provocherebbe scompigli in tutte le cose.

Rimanevano però molte altre obiezioni al moto della Terra, cui Galileo doveva ancora rispondere. Molti chiedevano infatti come fosse possibile che la Terra si muovesse a così grande velocità, come quella che si richiederebbe per compiere in sole ventiquattro ore un intero giro intorno al proprio asse, senza provocare uno scompiglio generale e un perpetuo sommovimento di tutte le cose. Altri chiedevano come farebbero mai gli uccelli in volo a tener dietro al moto velocissimo della Terra. E infine altri ancora obiettavano che, se la Terra si muovesse, un sasso lasciato cadere dalla cima dell'albero di una nave non cadrebbe ai piedi dell'albero, ma verso poppa, visto che la Terra, nel periodo di

tempo impiegato dalla pietra a cadere, dovrebbe essersi spostata in maniera sensibile.

Galileo ribatte a queste obiezioni nel *Dialogo dei massimi sistemi*, dove mette le tesi degli avversari in bocca Simplicio (rappresentante della cultura scolastica erudita legata all'autorità di Aristotele), mentre affida la risposta a Salviati (personaggio reale, interlocutore scientifico di Galileo).

Galileo afferma la relatività dei moti.

A proposito della nave, Salviati contesta le obiezioni e invita a chiudersi in una stanza sotto coperta di una grande nave; si disponga, dice poi, una brocca su un tavolo e si sospenda su di essa un secchiello che versi acqua goccia a goccia nel sottostante vaso. Messa in moto la nave a qualsiasi velocità (purché il moto sia uniforme) non si verificherà nessuna alterazione e nessuno, senza un punto di riferimento esterno, si accorgerà se la nave è ferma o si muova. Le gocce continueranno come prima a cadere nel vaso sottostante senza caderne affatto neanche una verso poppa anche se la nave si è spostata di parecchi metri e ogni altra cosa resterà al suo posto.

Sono parole famose nelle quali si **enuncia il principio della relatività dei movimenti: in base alle osservazioni meccaniche compiute all'interno di un determinato sistema (cioè senza un punto di riferimento esterno) non si può stabilire se il sistema sia fermo o in moto.**

Il principio di inerzia, inteso come indifferenza del corpo allo stato di quiete o di moto, consente inoltre a Galileo di spiegare come due moti possano sommarsi in uno stesso corpo, permettendo di spiegare facilmente anche gli altri fenomeni usati come obiezioni al moto della terra: gli uccelli volando non restano indietro rispetto alla terra perché essi, oltre al moto impresso dalle ali, si muovono di moto inerziale insieme alla Terra; le "goccioline" non cadono fuori del vaso perché, oltre al moto di caduta, si muovono di moto inerziale insieme alla nave.

Il moto della Terra risulta perfettamente compatibile con le leggi dinamiche della fisica.

§ 4.3. IL LINGUAGGIO MATEMATICO DELLA NATURA

La legge della caduta dei gravi è il modello delle successive leggi scientifiche matematiche

A Galilei si deve il merito grandissimo di aver dato formulazione matematica alle leggi di natura, in primo luogo alla legge di caduta dei gravi: **il moto dei gravi è un moto uniformemente accelerato** che si può esprimere con la formula $v=at$, dove v è la velocità, a è la costante di accelerazione, t il tempo. Egli opera il passaggio dal qualitativo al quantitativo, cosa che richiede una filosofia diversa da quella di Aristotele e il ritorno a Pitagora secondo cui tutto è numero. Per Galilei, **la matematica è il linguaggio proprio della natura**. Nel *Saggiatore* (1623) Galilei esprime la sua dottrina con le famosissime parole: «**La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi** (io dico l'universo), ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri, ne' quali è scritto. Egli è **scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, e altre figure geometriche**, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto» (*Il pensiero di Galileo Galilei*, Loescher, 1970, pag. 74-75).

Galilei è tuttavia ben conscio che la conoscenza umana è molto limitata. Per lui solo l'intelletto divino conosce infinite proposizioni con la semplice **intuizione** (conoscenza **estensiva**). Ma anche il matematico può arrivare a comprendere la necessità di singole proposizioni **con la stessa certezza ed esaustività della sapienza divina**, anche se solo attraverso lunghi e faticosi ragionamenti (conoscenza **intensiva**). Tuttavia nessun disegno divino, né alcuna armonia cosmica saranno mai conoscibili nella loro totalità.

Per Galilei – **differentemente dagli intellettuali rinascimentali – la scienza va divulgata e ha una funzione culturale e sociale progressiva.**

La scienza proposta da Galilei ha una portata limitata, ma è aperta a tutti. Secondo lo storico della scienza Ludovico Geymonat, uno straordinario merito di Galilei è di non limitarsi a diffonderla in ristretti circoli di studiosi: egli ritiene che vada **comunicata a tutti**, che debba pervadere ogni strato sociale, perché essa sarà una delle colonne fondamentali della futura società. È per questo che Galilei scrive gran parte delle sue opere **in volgare**, affinché esse possano venire lette e meditate anche da chi non appartiene al mondo dei dotti. E questo atteggiamento avrà certo un peso non piccolo nella condanna di Galilei. Anche se solo nell'ambito dei fenomeni sensibili, **Galilei affermava la piena autonomia della scienza** sottraendo alla Chiesa una sfera della conoscenza a cui essa, che si riteneva unica depositaria della verità, non intendeva rinunciare.

§ 4.3. IL METODO DELLA FISICA MODERNA SPERIMENTALE

Le ipotesi non sono formule cabalistiche segrete: devono poter essere verificate pubblicamente.

Galilei traccia le linee fondamentali del metodo della nuova scienza.

Il contributo di Galilei allo sviluppo della scienza moderna non sta solo nelle pur importantissime scoperte e teorie, ma anche e soprattutto nell'aver delineato un **nuovo metodo** che vede nella **verifica sperimentale un momento essenziale per la conoscenza della natura**.

Nell'esperimento della caduta dei gravi, Galilei parte da un'ipotesi formulata matematicamente.

Possiamo chiarirlo esaminando uno degli esperimenti più noti: quello della **caduta dei gravi**. Galilei parte dall'ipotesi che il moto dei gravi in libera caduta sia un moto uniformemente accelerato. Come abbiamo detto, la formula che permette di esprimere questo concetto, è: $v=at$, dove a è la costante di accelerazione e t il tempo impiegato a percorrere la distanza del grave dal suolo. Questa è l'**ipotesi**: si tratta di vedere se effettivamente questa formula serve a descrivere il fenomeno in questione. La velocità però non è direttamente misurabile: può essere misurata solo come rapporto fra spazio e tempo. Dalla formula $v=at$ Galilei ricava per via matematica la formula $s=\frac{1}{2}at^2$ che stabilisce il rapporto fra lo spazio e il tempo in un moto uniformemente accelerato: lo spazio percorso è proporzionale al quadrato del tempo impiegato a percorrerlo.

Per la verifica sperimentale, Galilei studia il moto su di un piano inclinato

A questo punto è possibile la **verifica sperimentale**. Infatti sia lo spazio che il tempo sono misurabili. Si tratta di raccogliere su una tabella le misure relative agli spazi percorsi e ai tempi impiegati a percorrerli e di rilevarne la relazione. Per compiere la verifica Galilei si servì di piani inclinati forniti di una scanalatura ben levigata entro cui far scorrere una pallina. Essi consentono di rallentare la velocità del grave, che in caduta libera sarebbe troppo grande per essere misurata direttamente. Galilei poté rilevare che a tutte le diverse inclinazioni dello scivolo il rapporto restava lo stesso, ovvero gli spazi stavano fra loro come i quadrati dei tempi. Poiché la verticale si può considerare come un piano inclinato a 90° , concluse che la verifica era valida anche per i gravi in caduta libera.

Era la prima volta che si conduceva una verifica sperimentale con tanta accuratezza, anche se gli strumenti a disposizione erano ancora assai rozzi: per misurare i tempi Galilei si serviva di un orologio ad acqua, un recipiente che versava gocce d'acqua con sufficiente regolarità.

Altrettanto importante è lo studio di Galilei sulla traiettoria dei proiettili. Egli avanza l'ipotesi che il moto dei proiettili sia la risultante di quello di caduta proprio di tutti i gravi e di quello inerziale dovuto allo scoppio delle polveri del cannone. Ne deduce che il proiettile percorre una traiettoria parabolica. Diventa possibile la

previsione esatta dei fenomeni: saputa la potenza del cannone e la sua inclinazione si può prevedere il punto preciso in cui il proiettile arriverà a terra.

Di fronte al proiettile la scienza aristotelica non avrebbe potuto dire altro se non che esso in un primo tratto sale poi scende. Galilei invece descrive la traiettoria del proiettile attraverso una figura geometrica che consente di stabilirne istante per istante la posizione. **Siamo passati «dal mondo del pressappoco all'universo della precisione»** (secondo la sintetica espressione dello storico della scienza Alexandre Koyré).

I momenti del metodo da lui proposto sono tre.

Il metodo: 1. L'esperienza sensibile va alla ricerca di ciò che è misurabile

L'esperienza è indicata da Galilei come il primo momento dell'indagine scientifica. Ma l'appello all'esperienza non significa affatto che Galilei voglia ridurre l'indagine a una pura collezione di fatti o a un'elencazione di qualità sensibili. La verità è oltre le impressioni sensibili: è in ciò che è quantificabile, misurabile, traducibile in numeri. La conoscenza della matematica precede e rende possibile la conoscenza delle leggi di natura.

2. Nell'ipotesi si enuncia una formula matematica

L'ipotesi è il secondo momento indispensabile per conoscere un fenomeno. Essa è sempre un rapporto fra grandezze misurabili. Nel caso dei gravi in caduta libera, Galilei, come abbiamo visto, avanza l'ipotesi che il moto dei gravi sia un moto uniformemente accelerato, esprimibile con la formula $v=at$. L'ipotesi galileiana è sempre costituita da un concetto matematico che esprime una relazione costante fra grandezze. L'ipotesi è una sorta di domanda posta alla natura e a cui la natura è invitata a rispondere. E lo scienziato formula la domanda in linguaggio matematico. La natura è chiamata a rispondere nello stesso linguaggio.

3. Nel «cimento» si verificano sperimentalmente le conseguenze dell'ipotesi.

Ma, affinché la natura possa rispondere, bisogna prima che dall'ipotesi siano state dedotte le conseguenze che dovrebbero darsi nella realtà nel caso che l'ipotesi fosse vera. Nel caso dei gravi, come abbiamo visto, Galilei dalla formula $v=at$ ricava per via puramente matematica la formula $s=\frac{1}{2}at^2$. Solo a questo punto, con i famosi piani inclinati, Galilei può procedere alla **verifica** (o «**cimento**»), dal metodo che usavano gli orafi per riconoscere gli autentici metalli preziosi). Se gli effetti previsti si verificano effettivamente in natura, l'ipotesi è comprovata.

§ 4.4. “SENSATE ESPERIENZE” E “CERTE DIMOSTRAZIONI”

Nella spiegazione scientifica occorrono sia l'esperienza dei sensi che le dimostrazioni razionali

Galileo ha dunque ben chiaro il duplice statuto epistemologico della spiegazione scientifica, nella quale l'autonoma elaborazione concettuale, le “certe dimostrazioni”, è altrettanto necessaria quanto le esperienze sensibili, le “sensitive esperienze”.

Galileo combina le due istanze, razionale e empirica, che in Bacone restavano separate, in un unico processo. E in realtà i due momenti si implicano sempre in qualche modo. Le “sensitive esperienze” (le esperienze dei sensi) sono già sempre, come abbiamo visto, assunte in un contesto matematico-razionale, inoltre esse devono sempre essere interpretate. Se l'esperienza non viene interpretata correttamente, si finisce per fare come Simplicio, il noto personaggio del *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, il quale continuamente fa appello all'osservazione per sostenere le tesi aristoteliche spesso apparentemente più aderenti all'esperienza. Salviati, altro personaggio del *Dialogo*, in polemica con Simplicio, sembra talvolta addirittura negare la prova dei sensi a favore del superiore diritto della ragione. Ma **l'importanza attribuita da Galileo alla verifica sperimentale è fuori dubbio. Le sue verifiche sono fra le più accurate dei tempi.**

Talvolta basta un ragionamento a distruggere le apparenze sensibili: il caso della caduta dei gravi.

E talvolta le prove di Galileo risultano effettivamente solo mentali. Talvolta infatti basta un ragionamento a smentire le apparenze sensibili care a Simplicio.

Nel *Discorso intorno a due nuove scienze*, Galileo mostra come la dottrina aristotelica secondo cui i gravi cadono con una velocità proporzionale al loro peso, la piuma più adagio del sasso, **si può smontare con un semplice esperimento mentale**. Se infatti, egli dice, prendiamo due corpi, uno più pesante e un altro meno pesante, in base alla dottrina di Aristotele dovremmo ammettere che il primo cada ad una velocità maggiore (mettiamo 8), il secondo ad una velocità minore (mettiamo 4). Uniti insieme la loro velocità dovrebbe essere 12 (8+4). In realtà, osserva Galileo, se poniamo il grave meno pesante sopra, non si vede come il meno pesante possa spingere l'altro e aumentarne la velocità; se applichiamo il grave meno pesante sotto, esso dovrebbe piuttosto frenare che non aumentare la velocità del grave più pesante. Né in un caso né nell'altro la velocità potrebbe essere maggiore di 8. L'unica possibile soluzione è ammettere che la diversa velocità con cui i due gravi di peso diverso cadano sia dovuta alla resistenza dell'aria e che **nel vuoto tutti i gravi, di qualunque dimensione e peso, cadendo dalla stessa altezza, arriverebbero a terra nel medesimo istante**. Aristotele non tiene conto della presenza dell'aria, **Galileo conduce i suoi esperimenti mentali in condizioni che in natura non esistono. In natura non esiste il vuoto**. Del resto anche il principio di inerzia presuppone l'assenza di attrito, cosa che non si dà mai.

§ 5. GALILEO: I RAPPORTI FRA RELIGIONE E SCIENZA

Chi userebbe l'Antico testamento come manuale di fisica?

Galilei affronta il problema del rapporto fra la nuova scienza e le Sacre scritture in due lettere famose: quella indirizzata a don Benedetto Castelli (1613) e quella a Cristina di Lorena, granduchessa di Toscana (1615).

Il linguaggio biblico ha come fine la morale e la salvezza, quello scientifico la conoscenza della natura

All'obiezione che gli era stata fatta tante volte (nell'Antico testamento Giosuè ordina al Sole di fermarsi: quindi è il Sole a muoversi) Galilei risponde che **la Bibbia non può essere presa alla lettera perché doveva adeguarsi alle possibilità di comprensione dei più**: il compito del testo sacro è quello di indicare la via della salvezza a tutti gli uomini, anche i più umili, che da un discorso rigorosamente scientifico sulla natura e sul moto degli astri non potrebbero ricavare nessun vantaggio morale. Ed è per aderire al **senso comune** che nelle Scritture si afferma che il Sole gira intorno alla Terra immobile e che Dio «fermò» il Sole assecondando l'invocazione di Giosuè. La Bibbia certo non può sbagliare, ma deve essere compresa nella sua vera intenzione.

In realtà la Chiesa aveva sempre riconosciuto che la Bibbia non va presa alla lettera, ma di due cose essa aveva timore: in primo luogo dell'**affermazione dell'autonomia della scienza**, in secondo luogo della **pretesa di interpretare la Bibbia da parte di persone non appartenenti all'autorità ecclesiastica**. Il libero esame dei testi sacri richiesto dalla Riforma era stato rigorosamente respinto dalla Chiesa di Roma.

Galilei si discosta da Tommaso: la ragione scientifica non solo è autonoma, ma è l'unica competente nel proprio campo

Inoltre Galilei, pur ammettendo a priori che le conclusioni della scienza non possono non coincidere in ultima istanza con le verità di fede, affermava che, nel caso fosse emerso un qualche apparente contrasto, **l'errore doveva essere cercato non nella scienza, ma nell'interpretazione erronea dei testi sacri**. Si trattava di una posizione agli antipodi con quella di **Tommaso d'Aquino** (→ vol. 1, p. 228) secondo cui **l'errore in un eventuale contrasto andava cercato nei ragionamenti umani**.

L'avversione della Chiesa nei confronti di Galilei aveva dunque radici profonde che andavano anche al di là della questione astronomica, ma fu l'adesione di Galilei al copernicanesimo l'unica affrontata dal processo del 1633.

Già nel 1616 Galilei era stato chiamato a Roma dal sant'Uffizio per rendere conto della sua adesione al copernicanesimo e aveva ricevuto un'ammonizione ufficiale a non diffondere il punto di vista di Copernico, la cui opera venne inserita nell'Indice dei libri proibiti.

Galilei tenta di far passare le nuove idee, ma nutre eccessive speranze in Barberini

Nel 1623, quando fu eletto papa il cardinal Barberini, con il quale Galilei aveva intessuto rapporti di cordialità, egli immaginò di poter parlare più liberamente. E nel 1632 si decise di dare alle stampe il *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*. Galilei scelse la forma del dialogo per non prendersi le responsabilità delle tesi di Salviati, il personaggio che esprime le sue idee rivoluzionarie, ma in realtà dall'opera si capisce chiaramente la posizione dell'autore. Con qualche escamotage Galilei riesce tuttavia a ottenere l'*imprimatur*, ovvero l'autorizzazione alla stampa concessa dall'autorità ecclesiastica.

Galilei rimane intrappolato nella lotta interna tra diverse correnti della Chiesa

Il papa, che si trovava anche in una difficile congiuntura politica, si sentì tradito da Galilei, che gli aveva promesso di non difendere più il copernicanesimo. Per rafforzare la sua posizione nei confronti dell'opposizione interna, Barberini scelse la strada del processo per eresia. Galilei, settantenne e malato, venne convocato a Roma per rendere conto delle sue dottrine.

Galilei si sforzò disperatamente di convincere i suoi accusatori di non essere mai stato copernicano. Invano i suoi accusatori cercarono di indurlo a confessare la sua "colpa". Galilei non cedette neanche alle minacce di tortura. Alla fine non rimase che la scelta fra il rogo e la pubblica abiura.

L'abiura umiliante di Galilei

Le parole dell'abiura, che Galilei lesse davanti ai suoi giudici nella Chiesa di Santa Maria sopra Minerva, in ginocchio, con la lunga camicia bianca dei penitenti, sono grottesche e vergognosamente umilianti. Egli è costretto non solo a dichiarare false ed eretiche le sue dottrine, ma a maledirle e a giurare di denunciare al Santo Uffizio chiunque le professi.

Lecture

Testo 1. NICCOLÒ COPERNICO

Copernico e il moto della Terra. Tratto da *La rivoluzione scientifica da Copernico a Newton*, a cura di P. Rossi, Loescher, Torino 1973, pp. 146-50

Nella dedica del *De revolutionibus* a papa Paolo III Copernico elenca le difficoltà che i matematici hanno incontrato nelle loro indagini partendo dal presupposto che la Terra sia immobile al centro dell'universo. Date queste difficoltà indaga i precedenti nel pensiero antico della teoria secondo cui la Terra si muove.

Mi assunsi l'impegno di rileggere i libri di tutti i filosofi di cui potessi disporre, allo scopo di indagare se qualcuno mai avesse pensato che i moti delle sfere del mondo fossero diversi da quelli stabiliti da coloro che nelle scuole insegnano matematica. E trovai allora presso Cicerone che per primo **Niceta** ebbe l'intuizione che la Terra si muovesse. Poi anche presso

Niceta. Filosofo e astronomo pitagorico vissuto nel V secolo a. C.

Plutarco trovai che alcuni altri erano di tale opinione, e affinché le sue parole siano presenti a tutti ho voluto riscriverle qui di seguito: «Ma anche altri pensano a Terra si muova, così Filolao il pitagorico sostiene che essa si muove intorno al fuoco centrale in cerchi obliqui come accade per il Sole e la Luna. Eraclito pontico e Ecfanto il pitagorico invece non fanno viaggiare la Terra, ma la lasciano muovere come una ruota intorno al suo proprio centro da occidente ad Oriente». Quindi, incontrata l'occasione, presi anch'io a pensare alla mobilità della Terra. E per quanto l'opinione sembrasse assurda, tuttavia poiché sapevo che ad altri prima di me era stata concessa la libertà **di immaginare circoli per dimostrare i fenomeni degli astri**, ritenni che a me stesso si potesse facilmente concedere di ricercare se, supposto un certo movimento della Terra, potessero essere trovate nelle rivoluzioni degli orbi celesti dimostrazioni più ferme di quelle degli antichi [...]. E così dopo aver considerato che la Terra si muovesse secondo i movimenti che più avanti le assegno, trovai infine dopo una lunga e attenta indagine, che se si rapportano al circuito della Terra i movimenti degli altri astri erranti [i pianeti] calcolati secondo la rivoluzione di ciascuna stella [cioè di ciascun pianeta], non solo ne conseguono i loro movimenti e fasi, ma anche l'ordine e la grandezza delle stelle e di tutti gli orbi diventa un tutto così collegato che in nessuna parte di esso si può spostare qualcosa senza creare confusione delle restanti parti e di tutto l'insieme.

Vuol dire: di costruire geometricamente orbite circolari che spieghino i movimenti apparenti dei pianeti (gli astri).

Testo 2 . GIOVANNI KEPLERO

La centralità del Sole

Tratto da *La rivoluzione scientifica da Copernico a Newton*, a cura di P. Rossi, Loescher, Torino 1973, pp. 14-16

Keplero accoglie con entusiasmo l'idea copernicana della centralità del Sole, ipotesi che permette di dimostrare una qualunque delle cose che veramente appaiono nei cieli. Egli non crede che in questa idea vi sia qualcosa di contrario alle Scritture. Inoltre ammira la capacità di Copernico di spiegare con poche ipotesi fenomeni complessi.

È cosa pia considerare subito, all'inizio di questa disputa, se vengono dette delle cose contrarie alla Sacra Scrittura. Considero tuttavia intempestivo iniziare qui questa controversia, anzi tempo e affrettatamente [...]. Qui in genere premetto: che non dirò nulla che sia contrario alla Sacra Scrittura [...]. Non avendo nessun motivo religioso che mi impedisse di ascoltare Copernico allorché diceva cose giuste, la perfetta concordanza dei fenomeni celesti con le opinioni copernicane

suscitò in me una immediata fiducia [...]. Queste ipotesi di Copernico non solo non sbagliano nei confronti della natura, ma anzi le sono assai più consone. **La natura infatti ama la semplicità e l'unità; in essa non vi è nulla di inutile o di superfluo** e assai spesso una cosa sola è destinata da essa a molti effetti. Presso le consuete ipotesi non v'è fine alla finzione di sempre nuove sfere: presso Copernico molti movimenti conseguono da pochissimi orbi.

Testo 3. GIOVANNI KEPLERO

Le cause naturali dei moti celesti

Tratto da *La rivoluzione scientifica da Copernico a Newton*, a cura di P. Rossi, Loescher, Torino 1973, p. 165

Keplero giunge dopo molti studi a precisare la forma ellittica della traiettoria dei pianeti e ne indica la causa in una facoltà meramente corporea (si ricordi invece che il moto degli astri per Aristotele deriva dall'attrazione della perfezione divina). Con notevole inventiva e originalità, egli, facendo tesoro degli studi del fisico britannico William Gilbert (1544-1603), concepisce il Sole come un magnete che attrae il ferro.

Attraverso dimostrazioni molto laboriose e servendomi dei risultati di moltissime osservazioni, giunsi finalmente a stabilire che la traiettoria dei pianeti in cielo non è circolare ma è una traiettoria ovale perfettamente ellittica.

Dalla geometria appresi che una tale traiettoria viene descritta se si assegna al motore proprio dei pianeti la funzione di far oscillare il corpo lungo la linea retta che termina nel sole. [...] Dimostrai che questa oscillazione deve essere ottenuta da una facoltà magnetica corporea [...]. In tal modo **tutto il sistema dei movimenti celesti è governato da facoltà meramente corporee, ossia magnetiche.**

Testo 4 . GIOVANNI KEPLERO

Un antropocentrismo moderato

Tratto da *Discussione col Nuncio sidereo*, a cura di E. Pasoli e G. Tabarroni, Bottega d'Erasmo, Torino 1972, pp. 69-71

Per Keplero l'uomo non deve dolersi di non essere al centro dell'universo: la sua è una posizione privilegiata perché gli permette di esplorare gli spazi come da un naviglio che si muove per misurare la distanza fra terre inaccessibili.

L'uomo non deve dolersi di non essere al centro dell'universo: a lui non spettava quel trono regale! [...] Riconosca l'uomo la sua miseria e l'abbondanza di Dio, anche dalla particolarità del suo stesso **abitacolo** che non è lui la fonte e l'origine dello splendore del mondo [...]. Aggiungi anche che ai fini della contemplazione, per la quale l'uomo è stato fatto ed è stato provvisto e dotato di occhi, l'uomo non avrebbe potuto starsene nel centro, ma è necessario che per la sua esplorazione spazi all'intorno in un moto annuo con questo naviglio che è la Terra, non diversamente da coloro che misurano le distanze di cose inaccessibili [...].

L'abitacolo naturalmente è la Terra, su cui l'uomo si trova come su di una nave dei cieli.

Testo 5. GALILEO GALILEI

Il cannocchiale

Tratto da *Sidereus Nuncius*, in *Opere*, III, trad. di Maria Timpanaro Cardini, Sansoni, Firenze 1948, p. 58

Grazie al cannocchiale, Galilei accantona definitivamente la cosmologia aristotelica eliminando il dualismo di cielo e terra: una sola è la materia che compone l'universo, come risulta dall'osservazione.

Grandi invero sono le cose che in questo breve trattato io propongo alla visione e alla contemplazione degli studiosi della natura. Grandi, dico, sia per l'eccellenza della materia in se stessa, sia per la novità loro mai udita in tutti i tempi trascorsi, sia anche per lo strumento, in virtù del quale quelle cose medesime si sono rese manifeste al senso nostro.

Gran cosa è certo l'aggiungere, oltre alla numerosa moltitudine delle Stelle fisse che fino ai giorni nostri si son potute scorgere con la naturale facoltà visiva, altre innumerevoli Stelle non mai scorte fino ad ora [...]. Bellissima cosa e oltremodo a vedersi attraente è il poter rimirare il corpo lunare, da noi remoto per quasi sessanta semidiametri terrestri, così da vicino come se distasse di due volte soltanto di dette misure; e quindi, **con la certezza che è data dall'esperienza sensibile, si possa apprendere non essere affatto la Luna rivestita di superficie liscia e levigata, ma scabra e ineguale**, e, allo stesso modo della faccia della Terra, presentarsi ricoperta in ogni parte di grandi prominenze, di profonde valli e anfratti [...]. Ma quello che supera di gran lunga ogni immaginazione [...] è l'aver noi scoperto quattro Stelle erranti, da nessun altro prima di noi conosciute né osservate, le quali, a somiglianza di Venere e di Mercurio intorno al Sole, hanno i lor propri periodi intorno a una certa Stella principale del numero di quelle conosciute [il pianeta Giove] [...]. Le quali cose furono tutte da me ritrovate e osservate or non è molto, mediante un occhiale che io escogitai, illuminato prima dalla divina grazia.

Testo 6. GALILEO GALILEI

Qualità oggettive e qualità soggettive

Tratto da *Il Saggiatore*, in *Opere*, V, trad. di Maria Timpanaro Cardini, Sansoni, Firenze 1948, p. 347

Riprendendo da Democrito (mai citato perché questo autore, fautore del caso, erano considerato anticristiano) la distinzione fra qualità oggettive e soggettive, Galilei pone le basi della scienza moderna: conoscere significa ricondurre i fenomeni ai caratteri quantitativi (misurabili) che li determinano, per esempio il calore al movimento delle particelle «variamente figurate» del fuoco.

Restami ora che, conforme alla promessa fatta di sopra a V.S. Illustrissima, io dica certo mio pensiero intorno alla proposizione «Il moto è causa di calore», mostrando in qual modo mi par ch'ella possa essere vera. [...] Io dico che **ben sento tirarmi dalla necessità**, subito che concepisco una materia o sostanza corporea, **a concepire insieme ch'ella è terminata e figurata di questa o quella figura**, ch'ella **in relazione ad altre è grande o piccola**, ch'ella **è in questo o quel luogo**, ch'ella **si muove o sta ferma**, ch'ella **tocca o non tocca un altro corpo**. Ch'ella è **una, poche o molte**, né per veruna immaginazione posso separarla da queste condizioni, ma **ch'ella debba essere bianca o rossa, amara o dolce, sonora o muta, di grato o ingrato odore, non sento farmi forza alla mente di doverla apprendere da cotali condizioni necessariamente accompagnata**: anzi, se i sensi non fossero scorta, forse il discorso o l'immaginazione per se stessa non vi arriverebbero mai. Per lo ché io vo pensando che questi sapori, odori, colori, etc., per la parte del soggetto nel qual par che riseggano, non siano altro che nomi, ma **tengano solamente la residenza nel corpo sensitivo, sì che rimosso l'animale, siano levate e annichilate tutte queste qualità**.

Sapori, odori, colori ecc., che risiedono nel soggetto senziente, nel suo «corpo sensitivo», sono solo nomi con cui noi soggettivamente le chiamiamo, ma tolto il soggetto, non esistono nella realtà oggettiva.

Tutte queste qualità dunque non sono caratteristiche oggettive della cosa in cui ci pare che risiedano, ma appartengono solo alle nostre facoltà sensibili animali, cosicché, in assenza dei nostri organi sensibili, non ne resta nulla – sono dei puri nomi.

[...] Io credo che con qualche esempio più chiaramente spiegherò il mio concetto. Io vo movendo una mano ora sopra una statua di marmo, ora sopra un uomo. Quanto all'azione che vien dalla mano, rispetto ad essa mano è la medesima sopra l'uno e l'altro soggetto [...] ma il corpo animato, che riceve tali operazioni, sente diverse affezioni secondo che in diverse parti vien tocco; e venendo toccato, verbigrazia [per esempio], sotto le piante de' piedi, sopra le ginocchia o sotto le ascelle, sente, oltre al comun toccamento, un'altra affezione, alla quale noi abbiamo imposto un nome particolare, chiamandolo solletico: la quale affezione è tutta nostra, e non punto della mano. [...] Or quella titillazione è tutta nostra e non della mano, e, rimosso il corpo animato e sensitivo, ella non è che un puro nome [...]. Ora, di simile e non maggiore essistenza credo io esser molte qualità che vengono attribuite a i corpi naturali, come sapori, odori, colori ed altre.

Testo 7 . GALILEO GALILEI

Il linguaggio della natura

Tratto da *Il Saggiatore*, in *Opere*, VI, trad. di Maria Timpanaro Cardini, Sansoni, Firenze 1948, p. 232-33

Per Galilei la matematica non è solo uno strumento utile per conoscere la realtà naturale, ma è la vera essenza del mondo. Le conoscenze che essa ci fornisce, anche se limitate quanto al numero, sono identiche a quelle divine.

La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto a gli occhi (io dico l'universo), ma non si può intender la lingua e conoscere se prima non s'impara a intender la lingua e conoscere i caratteri ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza de' quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi veramente per un oscuro labirinto.

Testo 8. GALILEO GALILEI

Conoscenza matematica e conoscenza divina

Tratto da *Dialogo dei massimi sistemi*, in *Opere*, VIII, trad. di Maria Timpanaro Cardini, Sansoni, Firenze 1948, p. 197

Dal punto di vista dell'estensione, la conoscenza umana non è paragonabile a quella divina, che è infinita. Ma dal punto di vista dell'intensità, noi conosciamo una singola proposizione matematica con la stessa certezza con cui la conosce Dio.

L'intendere si può pigliare in due modi, cioè *intensive*, o vero *extensive*; e che *extensive*, cioè quanto alla moltitudine degli intelligibili, che sono infiniti, l'intender umano è come nullo, quando bene egli intendesse mille proposizioni, perché mille rispetto all'infinità è come zero, ma pigliando l'intendere *intensive*, [...] dico che l'intelletto umano ne intende alcune così perfettamente, e ne ha una così assoluta certezza, quando se n'abbia l'istessa natura; e tali sono le scienze matematiche pure, cioè la geometria e l'aritmetica, delle quali l'intelletto divino ne sa bene infinite proposizioni di più, perché le sa tutte, ma di quelle poche intese dall'intelletto umano credo che la cognizione agguagli quella divina nella certezza

obbiettivo, poiché abbia a comprenderne la necessità, sopra la quale non par che possa essere sicurezza maggiore.

TESTO 9. GALILEO GALILEI

Il moto uniformemente accelerato

Tratto da *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*, in *Opere*, VIII, trad. di Maria Timpanaro Cardini, Sansoni, Firenze 1948, p. 197

Galilei distrugge la fisica aristotelica dei moti fondata sulle cause finali. In tal modo si impone il principio di inerzia e salta la distinzione fra corpi pesanti che si muovono verso il basso e corpi leggeri che si muovono verso l'alto per raggiungere i rispettivi luoghi naturali. Fondamentale è perciò in Galilei lo studio della caduta dei gravi. Qui Galilei avanza l'ipotesi che il moto dei gravi sia un moto uniformemente accelerato. Galilei condurrà la verifica sperimentale di questa ipotesi sui piani inquisiti, e tale verifica la confermerà in modo soddisfacente, come abbiamo visto.

Quando, dunque, osservo che una pietra che discende dall'alto a partire dalla quiete, acquista via via nuovi incrementi di velocità, perché non dovrei credere che tali aumenti non avvengano secondo la più semplice e più ovvia proporzione? Ora, se consideriamo attentamente la cosa, non troveremo nessun aumento o incremento più semplice di quello che aumenta sempre nello stesso modo. [...] Cosicché, considerando un numero qualsiasi di frazioni di tempo uguali a partire dal primo istante in cui il mobile abbandona la quiete e comincia a scendere, il grado di velocità acquistato nella prima e seconda frazione di tempo prese insieme, è doppio rispetto al grado di velocità acquistato dal mobile nella prima frazione; e il grado che si ottiene in tre frazioni di tempo, è triplo [...]. E così ci sembra di non discordare affatto dalla retta ragione se ammettiamo **che l'intensità della velocità cresca secondo l'estensione del tempo.**

Cioè che la velocità sia proporzionale al tempo.

Testo 10

GALILEO GALILEI

L'interpretazione delle Scritture

Galilei espone le sue idee sul rapporto tra fede e scienza in due lettere famose, a Cristina di Lorena e a don Benedetto Castelli. Riportiamo alcuni passi di quest'ultima, nei quali afferma a chiare lettere l'autonomia della scienza dalle Sacre scritture.

Non basterà a Galilei sostenere che la scienza non comporta il rigetto delle Sacre scritture ma solo una loro corretta interpretazione. Sarà indotto all'abiura e condannato all'isolamento perpetuo.

Quanto alla prima domanda generica di Madama Serenissima (circa il portare la Scrittura Sacra in dispute di conclusioni naturali [cioè di filosofia della natura]) parmi che prudentemente fusse proposto da quella e concesso e stabilito dalla Paternità Vostra, non poter mai la Scrittura Sacra mentire o errare, ma essere i suoi decreti d'assoluta e inviolabile verità. Solo avrei aggiunto che, **sebbene la Scrittura non può errare, potrebbe non dimeno talvolta errare alcuno de' suoi interpreti ed espositori** in vari modi: tra i quali uno sarebbe gravissimo e frequentissimo, quando volessero fermarsi sempre nel puro significato [letterale] delle parole, perché così vi apparirebbero non solo diverse contraddizioni, ma gravi eresie e bestemmie ancora, poi che **sarebbe necessario dare a Iddio e piedi e mani e non meno affetti corporali e umani**, come d'ira, di pentimento, d'odio e ancor talvolta l'obblivione delle cose passate e l'ignoranza delle future [...].

Stante, dunque, che la Scrittura in molti luoghi è non solo capace, ma necessariamente bisognosa d'esposizioni diverse dall'apparente significato della parole, mi par che nelle dispute naturali ella dovrebbe essere riserbata nell'ultimo

luogo: perché, procedendo di pari dal Verbo divino la Scrittura sacra e la natura, quella come dettatura dello Spirito Santo e questa come osservantissima esecutrice degli ordini di Dio; ed essendo, di più, convenuto nelle Scritture, **per accomodarsi all'intendimento dell'universale**

Ovvero per adattarsi alla capacità di intendere di tutti gli uomini.

, dir molte cose diverse, in aspetto e quanto al significato delle parole, dal vero assoluto; ma, all'incontro, essendo la natura inesorabile e immutabile e nulla curante che le sue recondite ragioni e modi di operare sieno o non sieno esposti alla capacità de' gli uomini, per lo che ella non trasgredisce mai i termini delle leggi imposteli; **pare che quello de' gli effetti naturali che o la sensata esperienza ci pone innanzi a' gli occhi o le necessarie dimostrazioni ci concludono, non debba in conto alcuno esser revocato in dubbio per luoghi della Scrittura** ch'avesser nelle parole diverso sembiante, poiché non ogni detto della Scrittura è legato a obblighi così severi com'ogni effetto di natura. Anzi, se per questo solo rispetto, d'accomodarsi alla capacità dei popoli rozzi e indisciplinati, non s'è astenuta la Scrittura d'adombrare de' suoi principalissimi dogmi, attribuendo sino all'istesso Dio condizioni lontanissime e contrarie alla sua essenza, chi vorrà asseveratamente sostenere che ella, posto da banda cotal rispetto, nel parlare anco incidentalmente di Terra e di Sole o d'altra creatura, abbia eletto di contenersi con tutto rigore dentro a' i limitati e ristretti significati delle parole? e massime pronunziando di esse creature cose lontanissime dal primario istituto [dallo scopo principale] di esse Sacre Lettere, anzi cose tali, che, dette e portate con verità nuda e scoperta, **avrebbon più presto danneggiata l'intenzion primaria rendendo il vulgo contumace alle persuasioni de' gli articoli concernenti alla salute.**

Cioè avrebbero piuttosto danneggiata l'intenzione primaria (trattare della salvezza dell'anima) rendendo il volgo disobbediente alle persuasioni dei comandamenti riguardanti la stessa salvezza

Stante questo, ed essendo di più manifesto che due verità non possono mai contrariarsi, è ufficio de' saggi espositori affaticarsi per trovare i veri sensi de' luoghi sacri, concordanti con quelle conclusioni naturali della quali prima il senso manifesto o le dimostrazioni necessarie ci avesser resi certi e sicuri. Anzi, essendo, come ho detto, che le Scritture, ben che dettate dallo Spirito Santo, per l'addotte cagioni ammetton in molti luoghi esposizioni lontane dal suono letterale, e, di più, non potendo noi con certezza asserire che tutti gl'interpreti parlino ispirati divinamente, crederei che fusse prudentemente fatto se non si permettesse ad alcuno d'impegnar i luoghi della Scrittura e obbligarli in certo modo a dover sostenere per vere alcune conclusioni naturali, delle quali una volta il senso e le ragioni dimostrative e necessarie ci potessero manifestare il contrario.

Testo 11

MASSIMO BUCCIANINI

Conseguenze della condanna di Galilei

Tratto da *Keplero e Galileo*, Einaudi, Torino 2005, Epilogo, p. 342

Massimo Bucciantini, autorevole studioso di storia della scienza, ritiene che la condanna di Galileo da parte della Chiesa cattolica sia stata una delle ragioni dell'arretratezza culturale dell'Italia rispetto ad altre nazioni europee di tradizione liberale.

Non tenere conto o sottovalutare la portata e l'influenza che la condanna di Galileo ebbe nell'età della nuova scienza e in quella dei Lumi significa precludersi la capacità di comprendere alcune ragioni di fondo che rendono questo paese così anomalo rispetto a gran parte delle altre nazioni europee.

Laboratorio

PER SVILUPPARE QUESTA PROPOSTA BISOGNA AVER LETTO IL PAR. 1

ANALISI DEI CONCETTI E CONFRONTO STORICO

Il meccanicismo degli antichi e quello dei moderni

Provate a individuare le caratteristiche comuni del meccanicismo antico e di quello moderno e le loro specifiche differenze.

PER SVILUPPARE QUESTA PROPOSTA BISOGNA AVER LETTO IL PAR. 2.

ANALISI DEI CONCETTI E CONFRONTO STORICO

I sistemi astronomici

Anche facendo uso delle immagini astronomiche (→ p. 000) provate a individuare le differenze e le somiglianze tra i due «massimi sistemi», tolemaico e copernicano. Potete individuare poi le differenze che progressivamente si presentano con i sistemi di Brahe e di Keplero.

APPROFONDIMENTO

Bruno, predecessore dei nuovi sistemi astronomici

Ritornate alle teorie di Bruno ed evidenziate le differenze di metodo e di contenuto tra la sua visione astronomica rivoluzionaria e quella di Copernico, Brahe e Keplero, che conservano alcune idee tradizionali.

PER SVILUPPARE QUESTA PROPOSTA BISOGNA AVER LETTO I PAR 2 E 4.

ANALISI DEI CONCETTI

Galilei contro il sistema tolemaico

Sulla base anche dei testi antologici, individuate le argomentazioni di Galilei contro il sistema tolemaico e chiedetevi a che livello di conoscenza esse si situano (teorico o sperimentale?).

PER SVILUPPARE QUESTE PROPOSTE BISOGNA AVER LETTO I PAR 5, 6 E 7 e I T 5, 6 E 7.

ANALISI DEI CONCETTI E CONFRONTO

La fisica di Galilei e quella di Aristotele

Sulla base dei suggerimenti del manuale, individuate le principali differenze tra la teoria fisica di Galilei e quella di Aristotele.

RICAPITOLAZIONE

Il nuovo metodo di Galilei

Provate a sintetizzare la concezione di Galilei per quanto riguarda i seguenti temi: qualità primarie e secondarie, ipotesi e prova sperimentale.

APPROFONDIMENTO

Le fonti dell'idea del carattere matematico-geometrico dell'universo sono soprattutto Democrito e Platone. Provate a chiedervi a quale dei due Galilei e la nascente fisica moderna erano più vicini, e perché.

RICERCA STORICA AVANZATA

Galilei e la funzione sociale dello scienziato

Confrontate la funzione dello scienziato e del ricercatore secondo Galilei con quella che il mondo rinascimentale attribuisce al filosofo e al mago (→ § 1 di questo cap., e anche il § 1 del cap. 1). A quali grandi trasformazioni della società europea si collega questo mutamento di funzione?

PER SVILUPPARE QUESTA PROPOSTA BISOGNA AVER LETTO IL PAR 8 E IL T10.

ANALISI DEL TESTO E DEI CONCETTI

Galilei e l'interpretazione delle Scritture

Sulla base del T10, provate a individuare la specificità delle Scritture come genere letterario e il loro scopo specifico. Poiché Galilei si professava credente e cattolico, provate a individuare (anche tenendo presente il § 1) lo specifico compromesso che egli implicitamente propone tra ragione e fede (rifiutato alla fine dalla Chiesa di allora).