CAPITOLO

4

Galileo Galilei e la prosa scientifica

«Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche»
(Galilei, Il Saggiatore, cap. 6)

OBIETTIVI

1. Spiegare che cosa cambia con la rivoluzione scientifica, nell'immagine del cosmo e nel metodo
2. Ricostruire la vita di Galileo, dal *Sidereus nuncius* al processo del 1633, distinguendo i fatti dalle leggende
3. Motivare la scelta del volgare e riconoscere i caratteri della prosa galileiana
4. Leggere e analizzare i passi del *Saggiatore*, della *Lettera a Cristina di Lorena* e del *Dialogo*, riconoscendo tesi, prove e tecniche argomentative e l'eredità del dialogo antico, da Platone a Cicerone
5. Collegare la nave di Salviati alla relatività galileiana e l'esperimento di Redi al metodo sperimentale
6. Riconoscere come le parole della scienza cambiano significato tra Seicento e oggi

INDICE DEL CAPITOLO

4.1 La rivoluzione scientifica 2
4.2 Galileo Galilei: la vita e le opere 5
4.3 La scelta del volgare 10
4.4 Letture: Galileo e le tecniche dell'argomentazione 11
4.5 La scuola galileiana e le parole della scienza 21

Italiano 4 · Parte I · Controriforma, Barocco, nuova scienza · versione 1.0
Capitolo 4: Galileo Galilei e la prosa scientifica · pagine 109–138 del volume completo · estratto per lo studio

Nel gennaio del 1610 un professore di matematica dell'università di Padova punta verso Giove un tubo di piombo con due lenti, costruito con le sue mani. Accanto al pianeta vede tre «stelline» allineate; la notte dopo le ritrova in un'altra posizione, poi una sparisce, poi ne compare una quarta. Dopo una settimana di osservazioni conclude che non sono stelle ma corpi che girano intorno a Giove, come la Luna gira intorno alla Terra. Due mesi dopo la scoperta è stampata a Venezia, e in pochi anni il nome di quel professore, **Galileo Galilei**, è conosciuto in tutta Europa.

Perché un libro di letteratura italiana dedica un capitolo intero a uno scienziato? Le *Indicazioni nazionali* rispondono chiedendo di seguire la prosa «dal trattato politico a quello scientifico», da Machiavelli a Galileo. Galileo, infatti, non fu soltanto il padre della scienza moderna: fu anche uno dei più grandi prosatori della nostra lingua. Dopo il primo libro in latino scelse l'italiano, inventò un modo nuovo di discutere per iscritto e mostrò che un ragionamento rigoroso può essere anche vivace, ironico, perfino divertente. Nel volume del terzo anno lo hai incontrato due volte, di sfuggita: nel confronto tra la Luna di Astolfo e quella del *Sidereus nuncius* (*Italiano 3*, cap. 14) e in un approfondimento sulla prosa scientifica (*ivi*, cap. 16). Qui lo leggerai per davvero.

Il capitolo parte dalla **rivoluzione scientifica**, cioè dal cambiamento di idee sul cosmo e sul modo di conoscere la natura; segue la vita di Galileo fino al processo del 1633; si ferma sulla sua scelta del volgare; poi legge alcune pagine famose osservando **come** Galileo argomenta, perché le tecniche dell'argomentazione sono le stesse che userai nei tuoi testi. Si chiude con gli allievi di Galileo e con le parole della fisica, che allora cambiavano significato sotto gli occhi dei lettori.

4.1 La rivoluzione scientifica

4.1.1 Un cosmo chiuso e ordinato

Per capire che cosa cambiò con Galileo bisogna partire dall'immagine del mondo che gli uomini colti avevano ereditato dall'antichità e dal Medioevo, la stessa su cui Dante costruisce la *Commedia* (*Italiano 3*, cap. 4). Al centro dell'universo sta la **Terra**, immobile; intorno ruotano, ciascuno nel suo cielo, la Luna, Mercurio, Venere, il Sole, Marte, Giove e Saturno; oltre, la sfera delle stelle fisse. È il **sistema geocentrico**, sistemato in forma matematica dall'astronomo alessandrino Claudio Tolomeo nel II secolo d.C. Per far tornare i conti con i moti irregolari dei pianeti, Tolomeo aggiungeva ai cerchi principali cerchi più piccoli, gli *epicicli*: un meccanismo complicato, ma capace di prevedere le posizioni dei pianeti con una precisione sufficiente per secoli.

La fisica che accompagnava questa astronomia era quella di **Aristotele**. Il cosmo è diviso in due regioni di natura diversa. Sotto la Luna, nel mondo *sublunare*, tutto nasce, si corrompe e muore; i corpi sono fatti dei quattro elementi (terra, acqua, aria, fuoco), e ciascuno tende al suo «luogo naturale»: i gravi verso il basso, cioè verso il centro della Terra, i leggeri verso l'alto. Sopra la Luna, nel mondo celeste, tutto è fatto di una quinta sostanza perfetta, l'etere, e si muove di moto circolare eterno. I cieli non cambiano mai: una macchia sul Sole o una montagna sulla Luna, in questo quadro, sono semplicemente impossibili. Era un sistema coerente, che spiegava molto con poche idee e si accordava con il senso comune: tutti vediamo il Sole sorgere e tramontare, e nessuno sente la Terra muoversi.

4.1.2 Copernico, Tycho, Keplero

Nel 1543 il canonico polacco Niccolò Copernico pubblicò il *De revolutionibus orbium coelestium* («Sulle rivoluzioni delle sfere celesti»). La sua proposta era di mettere al centro il **Sole** e di far girare la Terra in un anno intorno a esso e in un giorno intorno al proprio asse: è il **sistema eliocentrico** (Figura 4.1). Con questa ipotesi molti fenomeni diventavano più semplici da spiegare, per esempio i periodi in cui i pianeti sembrano tornare indietro nel cielo. Copernico, però, conservava le orbite circolari e quindi anche qualche epiciclo, e il libro fu presentato al lettore, in una prefazione non sua, come una semplice ipotesi di calcolo. Per qualche decennio fece discutere soprattutto gli astronomi.

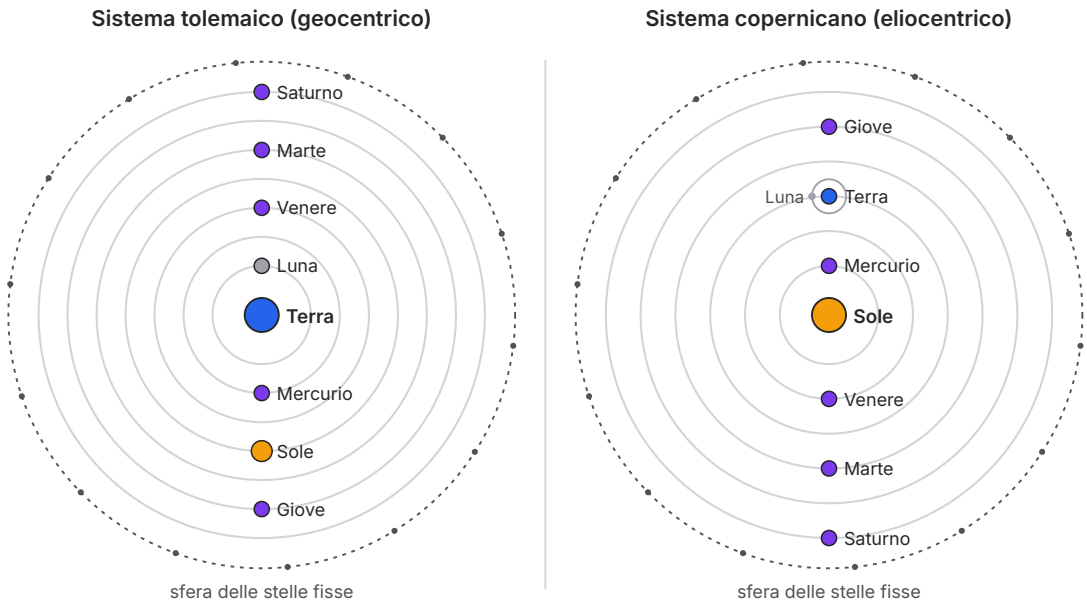


Figura 4.1 Il sistema tolemaico e il sistema copernicano (*schema non in scala*; sono omessi gli epicicli). L'ordine dei corpi celesti è quello dei due modelli: nel primo la Terra sta ferma al centro e il Sole è uno dei sette «pianeti»; nel secondo al centro c'è il Sole e la Terra, con la Luna che le gira intorno, è il terzo pianeta.

Il danese Tycho Brahe, il più grande osservatore prima del cannocchiale, propose alla fine del Cinquecento una soluzione di compromesso: la Terra immobile al centro, il Sole e la Luna che le girano intorno, e gli altri pianeti che girano intorno al Sole. Il **sistema ticonico** salvava l'immobilità della Terra e la lettera della Bibbia, e per questo fu adottato da molti astronomi gesuiti. Il tedesco Giovanni Keplero, invece, partendo proprio dalle misure di Tycho sul pianeta Marte, dimostrò che le orbite dei pianeti non sono cerchi ma **ellissi** con il Sole in uno dei fuochi (*Astronomia nova*, 1609): l'eliocentrismo diventava finalmente più semplice e più preciso del sistema tolemaico. Le tre leggi di Keplero le studierai in Fisica proprio quest'anno, insieme alla gravitazione di Newton, che chiude il dibattito cosmologico aperto da Copernico.

4.1.3 Il nuovo metodo

La **rivoluzione scientifica** non è soltanto il passaggio dalla Terra al Sole come centro del cosmo. È soprattutto un cambiamento nel **modo di conoscere**. Il sapere tradizionale si fondava sui libri: per sapere come è fatto il mondo si leggeva e si commentava Aristotele, e un'affermazione valeva quanto l'autorità di chi l'aveva scritta. La nuova scienza mette al primo posto la natura stessa, interrogata con due strumenti che Galileo chiama le **sensate esperienze**, cioè le osservazioni e gli esperimenti condotti con i sensi (e con gli strumenti che li potenziano), e le **necessarie dimostrazioni**, cioè i ragionamenti matematici che da quelle osservazioni ricavano conclusioni certe. L'esperienza senza la matematica resta un elenco di fatti; la matematica senza l'esperienza resta un gioco di parole: insieme formano il **metodo sperimentale**.

Nella stessa generazione altri pensatori europei riflettono sul metodo. L'inglese Francesco Bacone, nel *Novum organum* (1620), invita a raccogliere i fatti in modo ordinato e a diffidare degli «idoli», i pregiudizi che deformano la conoscenza; il francese Cartesio, nel *Discorso sul metodo* (1637), cerca un punto di partenza certo nel dubbio e nella ragione. Galileo non scrisse mai un trattato sul metodo: il suo metodo si vede all'opera nelle sue pagine, ed è anche per questo che vale la pena leggerle.

4.1.4 La secolarizzazione del sapere

Un'ultima conseguenza riguarda il rapporto tra scienza e religione. Nel Medioevo la teologia era la regina delle scienze e ogni sapere trovava posto in un unico edificio, come nella *Commedia*. La nuova scienza rivendica un campo proprio, con regole proprie: la natura si studia con l'osservazione e il calcolo, non con le citazioni della Scrittura. Gli storici chiamano **secolarizzazione** questo processo, per cui ambiti sempre più ampi della vita e del sapere si rendono autonomi dall'autorità religiosa. Galileo era un credente sincero e non voleva affatto separare la scienza dalla fede; voleva però che ciascuna restasse nel suo ambito. Vedrai nel capitolo 8 come nel Settecento questo processo diventerà un programma consapevole, con l'Illuminismo.

COLLEGAMENTI

Filosofia · Bacone, Cartesio e Galileo. In Filosofia studierai la rivoluzione scientifica come una delle grandi svolte del pensiero moderno. Bacone insiste sull'*induzione*, cioè sul risalire dai casi particolari alle leggi; Cartesio sulla *deduzione* da principi evidenti alla ragione. Galileo tiene insieme le due cose: parte dall'osservazione, ma la traduce in grandezze misurabili e ne deduce conseguenze matematiche, che poi controlla di nuovo con l'esperienza. Un esempio che conosci dalla Fisica è la legge della caduta dei gravi: gli spazi percorsi crescono come i quadrati dei tempi.

4.2 Galileo Galilei: la vita e le opere

La Figura 4.2 mette in fila le tappe della vita di Galileo insieme agli eventi che la condizionarono. Conviene tenerla sotto gli occhi: in un solo secolo si passa dal libro di Copernico alla condanna di Galileo, e le date decisive si addensano in pochi anni, tra il 1609 e il 1616.

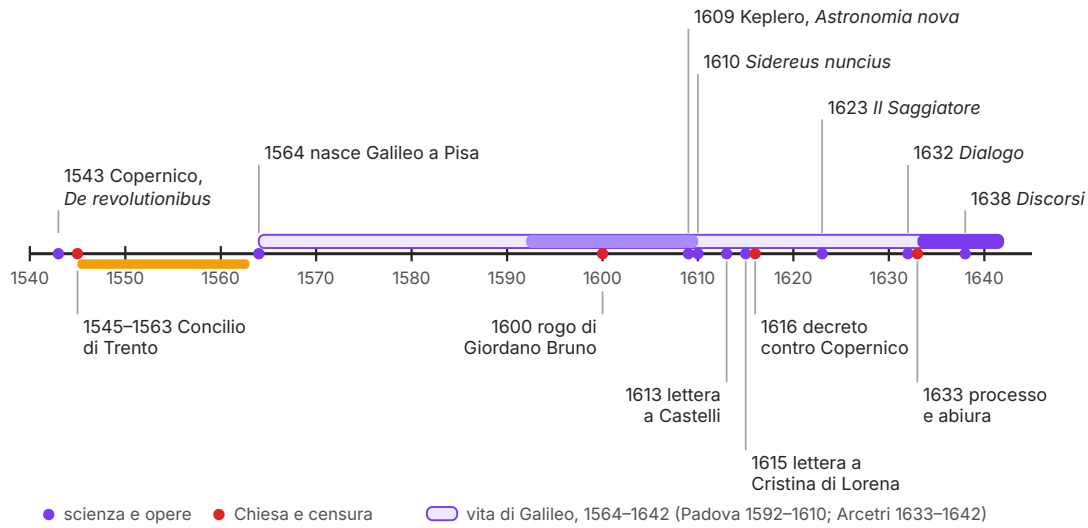


Figura 4.2 La vita di Galileo e la rivoluzione scientifica, 1543–1642 (asse del tempo proporzionale). In alto le opere scientifiche, in basso gli interventi della Chiesa (in rosso) e le lettere copernicane di Galileo (in viola); la banda viola indica la vita di Galileo, con gli anni di Padova in viola medio e quelli di Arcetri in viola scuro; la barra arancione indica la durata del Concilio di Trento.

4.2.1 Pisa e Padova

Galileo nacque a **Pisa il 15 febbraio 1564**, primo figlio di Vincenzo Galilei, un musicista di famiglia fiorentina che studiava la teoria della musica anche con esperimenti sulle corde. A Pisa si

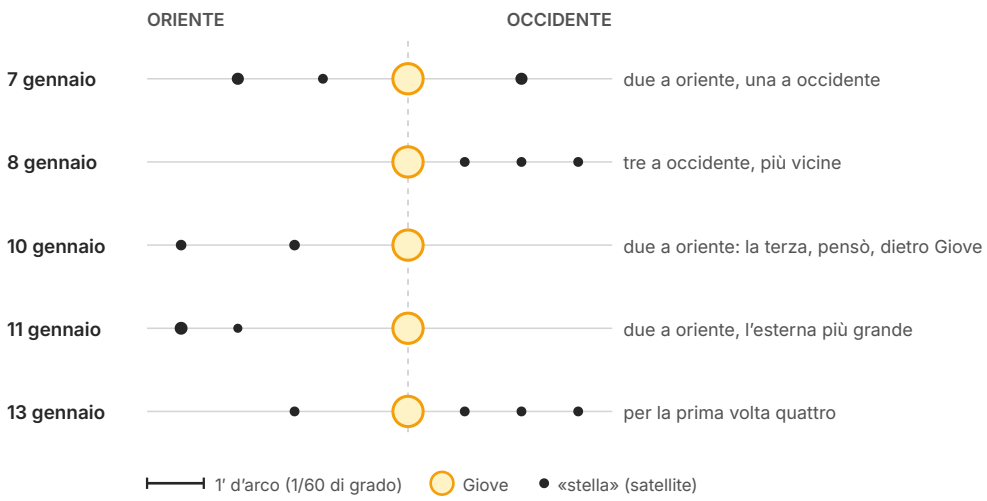
iscrisse a Medicina, ma presto lo conquistò la matematica, in particolare Euclide e Archimede; lasciò l'università senza laurearsi e cominciò a farsi conoscere con piccoli trattati e invenzioni. Nel 1589 ottenne la cattedra di matematica a Pisa e nel 1592 quella dell'**università di Padova**, che apparteneva alla Repubblica di Venezia ed era una delle più libere d'Europa. Vi rimase fino al 1610: anni di insegnamento, di studi sul moto dei corpi e di rapporti con gli artigiani e con l'Arsenale veneziano.

4.2.2 Il cannocchiale e il *Sidereus nuncius*

Nel 1609 arrivò a Venezia la notizia di un occhiale olandese che faceva vedere vicine le cose lontane. Galileo non lo inventò, ma capì subito come funzionava e ne costruì versioni sempre migliori, fino a strumenti che ingrandivano una ventina di volte. La novità decisiva fu un'altra: rivolgerlo al cielo e trattarlo come uno strumento di misura. In pochi mesi vide che la Luna ha montagne e valli, che la Via Lattea è fatta di innumerevoli stelle e che Giove ha quattro satelliti. Nel marzo del 1610 pubblicò a Venezia il **Sidereus nuncius**, l'«annunzio» o il «messaggero delle stelle», un libretto in latino di poche decine di pagine, scritto per i dotti di tutta Europa. Ecco come presenta la scoperta più importante (la traduzione è nostra):

> Ma ciò che supera di gran lunga ogni meraviglia, e che soprattutto ci ha spinto ad avvertirne tutti gli astronomi e i filosofi, è questo: abbiamo scoperto quattro stelle erranti, che nessuno prima di noi aveva conosciuto né osservato; esse compiono i loro periodi intorno a una delle stelle già note e insigni, come Venere e Mercurio intorno al Sole, ora precedendola ora seguendola, senza mai allontanarsene oltre certi limiti. E tutte queste cose sono state trovate e osservate pochi giorni fa con il cannocchiale ideato da me, con l'aiuto della grazia divina.
>
> (Galilei, *Sidereus nuncius*, trad. della redazione)

La pagina contiene già lo scienziato e lo scrittore. Il periodo cresce verso il punto culminante con un tono di stupore controllato («ciò che supera di gran lunga ogni meraviglia»); la scoperta è descritta con precisione (quattro corpi, un periodo, limiti di distanza); il paragone con Venere e Mercurio intorno al Sole è un piccolo argomento copernicano, perché mostra che un corpo celeste può avere dei satelliti senza essere la Terra. Nel resto del libro Galileo riporta le osservazioni notte per notte, con disegni delle posizioni (Figura 4.3): il lettore può seguire il suo ragionamento e verificarlo con i propri occhi.



Distanze del 7, 8 e 10 gennaio indicative (Galileo non le misurò); 11 e 13 gennaio secondo il testo del *Sidereus nuncius*.

Figura 4.3 Giove e i suoi satelliti in alcune notti del gennaio 1610 (*schema*). Come nei disegni del *Sidereus nuncius*, l'oriente è a sinistra. Le «stelline» cambiano posizione di notte in notte restando sempre in linea con Giove: la sola spiegazione è che girino intorno al pianeta, viste di taglio.

Galileo dedicò il libro al giovane granduca di Toscana Cosimo II de' Medici e chiamò i satelliti «pianeti medicei». Era un gesto da cortigiano, simile a quelli che hai visto nel Cinquecento: il dono ebbe effetto, e nello stesso 1610 Galileo lasciò Padova per Firenze come matematico e filosofo del granduca, senza obblighi di insegnamento. Guadagnava tempo per la ricerca, ma perdeva la protezione della Repubblica di Venezia, gelosa della propria indipendenza da Roma. Nei mesi seguenti osservò le fasi di Venere, che mostrano che Venere gira intorno al Sole, e le macchie solari, che mostrano che anche il Sole cambia.

ERRORE FREQUENTE

Il cannocchiale non dimostra che la Terra gira. Le scoperte del 1610 smentiscono Aristotele (i cieli non sono perfetti e immutabili) e smentiscono Tolomeo (le fasi di Venere sono impossibili nel suo sistema). Ma sono compatibili anche con il sistema di Tycho, nel quale Venere gira intorno al Sole e il Sole intorno alla Terra immobile. Per questo la discussione non finì nel 1610: una prova fisica decisiva del moto della Terra mancava ancora, e Galileo la cercò per vent'anni.

4.2.3 Firenze e le lettere copernicane

A Firenze la fama di Galileo crebbe, e con essa i nemici. Alcuni professori aristotelici e alcuni predicatori cominciarono a sostenere che il moto della Terra era contrario alla Bibbia: nel libro di Giosuè, per esempio, Dio ferma il Sole perché il giorno si allunghi, e dunque, dicevano, è il

Sole che si muove. Galileo rispose con alcune lettere che circolarono manoscritte, le cosiddette **lettere copernicane**: la prima a un suo allievo, il monaco benedettino Benedetto Castelli (21 dicembre 1613), la più ampia alla granduchessa madre **Cristina di Lorena** (1615). Ne leggerai un passo tra le letture di questo capitolo. La tesi è semplice e coraggiosa: la Scrittura e la natura vengono entrambe da Dio e non possono contraddirsi; ma la Scrittura parla in modo da essere capita da tutti, e non vuole insegnare l'astronomia. Nelle questioni naturali, quindi, si deve partire dalle esperienze e dalle dimostrazioni.

Il 5 marzo 1616 la Congregazione dell'Indice sospese il libro di Copernico «finché non fosse corretto» e dichiarò la dottrina del moto della Terra contraria alla Scrittura. Galileo non fu nominato nel decreto, ma il cardinale Roberto Bellarmino gli comunicò che non poteva più sostenere né difendere quella dottrina. Per alcuni anni egli tacque sull'argomento.

4.2.4 *Il Saggiatore* e il *Dialogo*

Nel 1618 tre comete attraversarono il cielo. Il gesuita Orazio Grassi, professore al Collegio Romano, ne trasse un argomento a favore del sistema di Tycho; Galileo replicò, e Grassi rispose con un libro in latino firmato con lo pseudonimo di Lotario Sarsi. La risposta definitiva di Galileo è **Il Saggiatore** (Roma, 1623). Il titolo è una metafora: il *saggiatore* è la bilancia di precisione degli orafi, capace di pesare anche quantità minime d'oro, contrapposta alla «libra», la bilancia grossolana del titolo latino di Grassi. Il libro è costruito come un lungo commento polemico: Galileo cita una frase dell'avversario e la smonta. Sulle comete, a dire il vero, aveva torto lui (le considerava fenomeni ottici dell'atmosfera); ma il *Saggiatore* resta famoso per le pagine sul metodo, che leggerai più avanti. L'opera era dedicata al nuovo papa, Urbano VIII, il fiorentino Maffeo Barberini, che stimava Galileo: sembrava l'inizio di una stagione più favorevole.

Galileo lavorò allora per anni al suo capolavoro, il **Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo**, stampato a Firenze nel 1632 con le autorizzazioni ecclesiastiche. Formalmente il libro mette a confronto il sistema tolemaico e quello copernicano senza decidere; in realtà ogni pagina mostra la superiorità del secondo. Lo esaminerai da vicino nelle letture.

4.2.5 Il processo e l'abiura

Pochi mesi dopo l'uscita, la vendita del *Dialogo* fu bloccata e Galileo, che aveva quasi settant'anni ed era malato, fu convocato a Roma davanti al tribunale del Sant'Uffizio. L'accusa era di aver violato il divieto del 1616. Secondo molti storici pesò anche l'irritazione del papa, che si riconobbe in un argomento messo in bocca a Simplicio, il personaggio più debole del libro. Il **22 giugno 1633**, nel convento di Santa Maria sopra Minerva, Galileo fu giudicato «vehementemente sospetto d'heresia» (cioè fortemente sospettato di eresia) e dovette leggere in ginocchio una formula di **abiura**, cioè di rinuncia solenne alla sua opinione:

> [...] con cuor sincero e fede non finta abiuro, maledico e detesto li sudetti errori et heresie, e generalmente ogni et qualunque altro errore, heresia e setta contraria alla S.ta Chiesa; e giuro che per l'avvenire non dirò mai più né asserirò, in voce o in scritto, cose tali per le quali si possa aver di me simile sospitione [...].
>
> (Galilei, *Abiura*, 22 giugno 1633)

Il testo non è di Galileo, che dovette solo pronunciarlo e firmarlo: è una formula giudiziaria, con le sue ripetizioni («abiuro, maledico e detesto»; «in voce o in scritto») e la grafia latineggiante dei documenti ufficiali (*heresie*, *sospitione*). Proprio per questo colpisce: lo scrittore che aveva fatto della lingua uno strumento di libertà è costretto a pronunciare parole altrui. Il *Dialogo* fu messo all'Indice, dove rimase fino all'edizione del 1835. Galileo fu condannato al carcere, subito commutato nel confino: passò gli ultimi anni nella sua villa di **Arcetri**, sulle colline di Firenze, sorvegliato e senza poter pubblicare in Italia.

ERRORE FREQUENTE

«Eppur si muove» è una leggenda. La frase che Galileo avrebbe mormorato alzandosi dopo l'abiura non compare in nessun documento del processo né in alcuna testimonianza dei contemporanei: è attestata per la prima volta a stampa nel Settecento, più di un secolo dopo. Esprime bene il giudizio dei posteri sulla vicenda, ma non va mai presentata come un fatto storico. Ricorda anche un'altra precisazione: Galileo non fu condannato come «eretico», ma come «vehementemente sospetto d'heresia», una formula giuridica precisa, meno grave della condanna per eresia formale che nel 1600 aveva portato al rogo Giordano Bruno.

4.2.6 Arcetri e i *Discorsi*

Ad Arcetri, vecchio e con la vista che si spegneva (dal 1638 fu completamente cieco), Galileo tornò agli studi giovanili sul moto e sulla resistenza dei materiali. Il risultato sono i **Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze**, pubblicati nel 1638 a Leida, in Olanda, dagli stampatori Elzevier, fuori dalla giurisdizione dell'Inquisizione. È l'opera in cui espone la legge della caduta dei gravi e la traiettoria parabolica dei proiettili: il fondamento della meccanica che hai studiato in Fisica lo scorso anno. Galileo morì ad Arcetri l'**8 gennaio 1642**; nello stesso anno nacque in Inghilterra Isaac Newton. Nel 1992 papa Giovanni Paolo II, in un discorso alla Pontificia Accademia delle Scienze, riconobbe gli errori dei giudici di Galileo.

APPROFONDIMENTO

Giordano Bruno. Il filosofo nolano Giordano Bruno (1548–1600) aveva sostenuto non solo il sistema copernicano, ma l'idea di un universo infinito con infiniti mondi abitati, dentro una visione filosofica e religiosa lontanissima dall'ortodossia cattolica. Processato a lungo dall'Inquisizione, fu bruciato vivo a Roma, in Campo de' Fiori, il 17 febbraio 1600. Il suo caso è diverso da quello di Galileo: Bruno fu condannato soprattutto per tesi teologiche (sulla Trinità, sull'incarnazione), non per l'astronomia. Ma il suo rogo mostra il clima in cui Galileo lavorò e perché, nel 1633, accettò di abiurare.

4.3 La scelta del volgare

4.3.1 Scrivere per i «non letterati»

Il *Sidereus nuncius* è in latino, la lingua internazionale dei dotti, e infatti fu letto in pochi mesi in tutta Europa. Dopo il 1610, però, Galileo scrive quasi tutto in **italiano**: le lettere copernicane, le opere sulle macchie solari, il *Saggiatore*, il *Dialogo*, i *Discorsi*. In una lettera spiegò di aver scritto in volgare perché voleva che ogni persona potesse leggere il suo libro. La scelta ha almeno tre ragioni. La prima è il **pubblico**: Galileo vuole raggiungere non i professori, legati al latino e ad Aristotele, ma i lettori nuovi delle corti e delle città, i nobili curiosi, i mercanti, i tecnici, gli artigiani, persone intelligenti che non avevano studiato all'università. La seconda è la **battaglia contro l'autorità**: il latino era la lingua dei commenti ad Aristotele, e scrivere in italiano significava uscire dal recinto delle scuole. La terza è **letteraria**: per un fiorentino colto, il volgare era una lingua piena, nobilitata da Dante, Petrarca e Boccaccio, e adatta a tutto.

L'apertura dei *Discorsi* mostra chi sono questi nuovi interlocutori. Galileo fa parlare Salviati, il suo portavoce, che si rivolge ai veneziani:

> Largo campo di filosofare a gl'intelletti specolativi parmi che porga la frequente pratica del famoso arsenale di voi, Signori Veneziani, ed in particolare in quella parte che mecanica si domanda; atteso che quivi ogni sorte di strumento e di machina vien continuamente posta in opera da numero grande d'artefici, tra i quali, e per l'osservazioni fatte da i loro antecessori, e per quelle che di propria avvertenza vanno continuamente per sé stessi facendo, è forza che ve ne siano de i peritissimi e di finissimo discorso.
>
> (Galilei, *Discorsi*, Giornata I)

In italiano di oggi: l'Arsenale di Venezia, dove un gran numero di artigiani usa ogni tipo di strumento e di macchina, offre molti spunti di riflessione a chi ama ragionare; e tra quegli artigiani, grazie all'esperienza dei predecessori e alle loro osservazioni personali, ci sono per forza uomini espertissimi e di finissima intelligenza. È un rovesciamento culturale: il sapere pratico degli artefici, che la tradizione considerava inferiore, diventa un punto di partenza per la filosofia naturale. Nota anche la sintassi: un unico periodo ampio, con la principale in apertura e le

ragioni ordinate in una coordinata (*e per … e per …*), secondo un modello classico che però resta chiarissimo.

4.3.2 Galileo scrittore

Che cosa rende così riuscita la prosa di Galileo? Innanzitutto la **chiarezza**: periodi spesso lunghi, ma costruiti in modo che il lettore non perda mai il filo, e un lessico concreto, che preferisce la parola comune al termine tecnico quando questo non è necessario. Poi la **vivacità**: esempi tratti dalla vita quotidiana (navi, bicchieri, cicale, uccelli), paragoni, piccoli racconti. Infine l'**ironia**, che smaschera le contraddizioni dell'avversario senza bisogno di insulti. Non stupisce che Italo Calvino, nel Novecento, lo indicasse come il maggior prosatore della letteratura italiana: in Galileo l'esattezza del pensiero e l'esattezza della lingua sono una cosa sola.

Galileo era anche un lettore appassionato di poesia. Da giovane scrisse delle *Considerazioni al Tasso*, pubblicate solo nel Settecento, in cui critica la *Gerusalemme liberata* con una durezza sorprendente, e annotò l'*Orlando furioso*, che amava moltissimo (le *Postille all'Ariosto*). Nella polemica tra i sostenitori dei due poemi (cap. 2) stava dunque dalla parte di Ariosto: preferiva la sua limpidezza alla complessità e alle forzature che rimproverava a Tasso. Anche in letteratura, come in scienza, il suo gusto premiava la chiarezza.

COLLEGAMENTI

Arte · La Luna di Cigoli. Il pittore fiorentino Ludovico Cardi, detto il Cigoli, amico di Galileo, dipinse tra il 1610 e il 1612 la cupola della Cappella Paolina in Santa Maria Maggiore a Roma. Ai piedi della Vergine mise una Luna non liscia e perfetta, come voleva la tradizione, ma segnata da ombre e crateri come quella descritta nel *Sidereus nuncius*. È uno dei primi casi in cui una scoperta scientifica entra in un'opera d'arte, per di più in una chiesa di Roma, pochi anni prima del decreto del 1616.

4.4 Letture: Galileo e le tecniche dell'argomentazione

Nel volume del terzo anno (cap. 16) hai imparato a riconoscere in un testo argomentativo la **tesi**, gli **argomenti** che la sostengono, l'**antitesi** e la sua confutazione, e alcune tecniche come la deduzione, l'induzione, il controesempio e il ragionamento per assurdo. Galileo è un maestro di tutte queste tecniche. Nelle letture che seguono osserva sempre due cose: che cosa sostiene e come lo sostiene.

4.4.1 Il libro della natura (*Il Saggiatore*, cap. 6)

Nel capitolo 6 del *Saggiatore* Galileo risponde a Sarsi. Galileo aveva rimproverato a Grassi di essersi messo al seguito di Tycho; Sarsi aveva replicato chiedendo chi altro il suo maestro avrebbe dovuto seguire: Tolomeo, ormai smentito, o Copernico, appena condannato? Galileo osserva

che Sarsi sembra credere che nel filosofare si debba per forza appoggiarsi all'opinione di qualche autore celebre, e che la filosofia sia un libro scritto da un uomo, come l'*Iliade* o l'*Orlando furioso*, «libri ne' quali la meno importante cosa è che quello che vi è scritto sia vero». Poi arriva la frase più famosa della scienza italiana:

Tabella 4.1 *Il Saggiatore*, cap. 6: il libro della natura. Testo e italiano di oggi.

Testo	Italiano di oggi
Signor Sarsi, la cosa non istà così. 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.	Signor Sarsi, le cose non stanno così. La filosofia [cioè la conoscenza della natura] è scritta in questo grandissimo libro che è sempre aperto davanti ai nostri occhi (intendo l'universo); ma non si può capire se prima non si impara a capire la lingua e a riconoscere i caratteri [le lettere] in cui è scritto.
Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto.	È scritto in lingua matematica, e i caratteri sono triangoli, cerchi e altre figure geometriche, senza i quali è impossibile per un uomo capirne una sola parola: senza di essi si gira a vuoto in un labirinto buio.

Guida alla lettura

Comprensione. Il passo oppone due libri. Da una parte i libri degli uomini, come quelli di Aristotele, in cui si cerca la verità affidandosi all'autore; dall'altra il «grandissimo libro» dell'universo, che non ha bisogno di interpreti autorizzati, ma richiede di conoscerne la lingua. Quella lingua è la **matematica**.

Analisi. L'immagine del libro della natura è antichissima: nel Medioevo indicava il mondo come segno della sapienza divina, da leggere accanto alla Bibbia. Galileo la rinnova con una precisazione decisiva, perché trasforma una metafora devota in un programma di ricerca: se il mondo è un libro, bisogna sapere in quale alfabeto è scritto. La metafora è sviluppata con coerenza (*libro*, *aperto*, *lingua*, *caratteri*, *parola*) ed è chiusa da una seconda immagine, quella del **labirinto**, che rappresenta la condizione di chi pretende di conoscere la natura senza la matematica. Il tono è quello di una lezione: l'apostrofe iniziale («Signor Sarsi») e la negazione secca («la cosa non istà così») preparano un'affermazione generale, ritmata da coppie (*la lingua … i caratteri*; *triangoli, cerchi*) e da una ripetizione (*senza i quali … senza questi*).

Interpretazione. La frase contiene in poche righe il metodo della nuova scienza: la natura non si conosce leggendo i libri degli antichi ma leggendo il mondo, e il mondo si legge misurando. Rispetto alla tecnica argomentativa, è una **confutazione**: Galileo non discute quale autorità seguire (Tolomeo, Copernico o Tycho), ma rifiuta la premessa implicita dell'avversario, cioè che si debba seguire un'autorità. Per un lettore di oggi resta la parte più attuale della pagina: la fisica che studi è scritta proprio nella lingua che Galileo indicava.

4.4.2 La favola dei suoni (*Il Saggiatore*, cap. 21)

Nel capitolo 21 Galileo deve spiegare perché, sulle comete, non intende dare una risposta certa. Invece di un ragionamento astratto, racconta una storia, una **favola** nel senso antico di racconto esemplare. C'era un uomo, curiosissimo, che allevava uccelli e credeva che il loro canto fosse l'unico modo di produrre suoni soavi. Poi scopre per caso un pastore che suona uno zufolo, un ragazzo che suona il violino, i cardini di una porta che cigolano, un dito che fa cantare l'orlo di un bicchiere, le ali di vespe e zanzare, i grilli, la linguetta di ferro dello scacciapensieri. Ogni scoperta aumenta il suo stupore e diminuisce la sua sicurezza. Ecco l'inizio e la fine del racconto:

> Nacque già in un luogo assai solitario un uomo dotato da natura d'uno ingegno perspicacissimo e d'una curiosità straordinaria; e per suo trastullo allevandosi diversi uccelli, gustava molto del lor canto, e con grandissima meraviglia andava osservando con che bell'artificio, colla stess'aria con la quale respiravano, ad arbitrio loro formavano canti diversi, e tutti soavissimi. [...] trovossi più che mai rinvolto nell'ignoranza e nello stupore nel capitargli in mano una cicala, e che né per serrarle la bocca né per fermarle l'ali poteva né pur diminuire il suo altissimo stridore [...]; onde si ridusse a tanta diffidenza del suo sapere, che domandato come si generavano i suoni, generosamente rispondeva di sapere alcuni modi, ma che teneva per fermo potervene essere cento altri incogniti ed inopinabili.
>
> (Galilei, *Il Saggiatore*, cap. 21)

Guida alla lettura

Comprensione. L'uomo della favola cerca di scoprire come nasce il suono della cicala, ma per quanto la esamini non ci riesce, e finisce per ucciderla senza aver capito. Ne trae una lezione: conosce alcuni modi di produrre suoni, ma ce ne possono essere «cento altri» che non conosce e che non potrebbe nemmeno immaginare (*inopinabili*).

Analisi. La favola è costruita come un **climax**: ogni nuova esperienza è più sorprendente della precedente, e la struttura si ripete (curiosità, scoperta, stupore). Il finale capovolge le attese: l'accumulo di conoscenze non produce sicurezza ma *diffidenza*, e l'avverbio *generosamente* trasforma la confessione di ignoranza in un atto nobile. Dal punto di vista argomentativo è un **argomento per analogia**: come i suoni, così i fenomeni celesti possono avere cause molto diverse da quelle che conosciamo. Il racconto è più efficace di una dimostrazione perché il lettore vive l'esperienza insieme al protagonista.

Interpretazione. La morale è l'umiltà del ricercatore: la natura è più ricca della nostra immaginazione, e chi studia davvero sa di sapere poco. È la stessa umiltà che manca a chi si fida di un'autorità per sentirsi al sicuro. C'è anche un dettaglio crudele e moderno: per capire la cicala bisogna aprirla, e aprendola la si uccide. La conoscenza della natura, già nel Seicento, passa per l'esperimento, con i suoi limiti.

ESEMPIO SVOLTO

Riassumere un testo argomentativo. Riassumi la favola dei suoni in 40–50 parole, mettendo in evidenza la tesi. *Procedimento*: 1) individua la tesi, che qui è nell'ultima frase (possono esistere molti modi sconosciuti di produrre un fenomeno); 2) riduci la serie degli esempi a una formula generale (strumenti, oggetti, insetti); 3) conserva il rovesciamento finale. *Soluzione*: «Un uomo curioso crede che i suoni nascano solo dal canto degli uccelli, poi scopre strumenti, oggetti e insetti che suonano in modi diversi. Davanti alla cicala, di cui non capisce il canto, conclude che i modi di produrre un suono possono essere infiniti e in gran parte sconosciuti.» (49 parole)

4.4.3 Le due verità (*Lettera a Cristina di Lorena*)

Nella *Lettera a Cristina di Lorena* (1615) Galileo affronta il problema più delicato: che fare quando la Scrittura sembra contraddire una verità naturale dimostrata? La sua risposta si regge su due passaggi. Il primo stabilisce l'ordine delle prove nelle questioni naturali:

Tabella 4.2 *Lettera a Cristina di Lorena*: le due verità. Testo e italiano di oggi.

Testo	Italiano di oggi
[...] mi par che nelle dispute di problemi naturali non si dovrebbe cominciare dalle autorità di luoghi delle Scritture, ma dalle sensate esperienze e dalle dimostrazioni necessarie: perché, procedendo di pari dal Verbo divino la Scrittura Sacra e la natura, quella come dettatura dello Spirito Santo, e questa come osservantissima essecutrice de gli ordini di Dio; [...]	Mi sembra che nelle discussioni su problemi naturali non si dovrebbe cominciare dall'autorità di passi della Scrittura, ma dalle osservazioni e dalle dimostrazioni necessarie: perché la Sacra Scrittura e la natura derivano in egual modo dalla Parola divina, la prima come dettata dallo Spirito Santo, la seconda come esecutrice fedelissima degli ordini di Dio.
[...] pare che quello degli effetti naturali che o la sensata esperienza ci pone dinanzi a gli occhi o le necessarie dimostrazioni ci concludono, non debba in conto alcuno esser revocato in dubbio, non che condennato, per luoghi della Scrittura che avessero nelle parole diverso sembiante [...].	Sembra quindi che i fenomeni naturali che l'osservazione ci mette davanti agli occhi o che le dimostrazioni necessarie ci fanno concludere non debbano in alcun modo essere messi in dubbio, e tanto meno condannati, a causa di passi della Scrittura che, alla lettera, sembrino dire altro.

Il secondo passaggio è una frase che Galileo riferisce di aver sentito da «persona ecclesiastica costituita in eminentissimo grado», e che in margine attribuisce al cardinale Cesare Baronio, storico della Chiesa: l'intenzione dello Spirito Santo è «d'insegnarci come si vadia al cielo, e non come vadia il cielo» (*Lettera a Cristina di Lorena*).

Guida alla lettura

Comprensione. Galileo non sostiene che la Bibbia sbagli: sostiene che la Bibbia e la natura, venendo entrambe da Dio, non possono essere in contrasto. Se sembrano esserlo, il problema sta

nella nostra interpretazione della Scrittura, che parla in modo adatto a tutti («per accommodarsi all'intendimento dell'universale», dice poco dopo) e non vuole insegnare l'astronomia.

Analisi. Il ragionamento è una **deduzione**: premessa 1, Scrittura e natura hanno la stessa origine; premessa 2, la verità non può contraddire la verità; conclusione, una verità naturale dimostrata non può essere negata in nome di un passo biblico, che va reinterpretato. La frase attribuita a Baronio è un'**antitesi** giocata sulla ripresa della stessa parola con due sensi diversi, cioè un'*antanaclasi* (*come si vadia al cielo* / *come vadia il cielo*): *cielo* indica prima il paradiso, la meta del viaggio dell'anima, e poi la volta celeste, soggetto del moto. È anche un **argomento d'autorità** usato con abilità: proprio chi combatte l'autorità di Aristotele si appoggia, nella questione religiosa, all'autorità di un cardinale, per mostrare che la sua posizione è ortodossa.

Interpretazione. È la pagina in cui la secolarizzazione del sapere prende forma: due ambiti, due metodi, nessun conflitto. Galileo scriveva da credente e voleva evitare alla Chiesa un errore; il decreto del 1616 andò nella direzione opposta. La distinzione tra il «come si va al cielo» e il «come va il cielo» è ancora oggi uno dei modi più citati di pensare il rapporto tra scienza e fede.

4.4.4 Il *Dialogo*: tre personaggi, quattro giornate

Il *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* si svolge a Venezia, nel palazzo di Sagredo, in **quattro giornate**. Nella prima si discute la distinzione aristotelica tra cielo e Terra; nella seconda il moto quotidiano della Terra intorno al proprio asse; nella terza il moto annuo intorno al Sole; nella quarta le maree, che Galileo considerava la prova fisica decisiva del moto della Terra (la sua spiegazione era sbagliata, ma questo lo si capì solo dopo Newton). I tre interlocutori sono descritti nella prefazione «Al discreto lettore» (Tabella 4.3).

Tabella 4.3 I personaggi del *Dialogo*.

Personaggio	Chi è	Ruolo nel dialogo
Salviati	Filippo Salviati, nobile fiorentino, amico di Galileo, morto nel 1614	il portavoce delle idee copernicane e di Galileo, che chiama «l'Accademico»; spiega, dimostra, guida
Sagredo	Giovan Francesco Sagredo, nobile veneziano, amico di Galileo, morto nel 1620	il gentiluomo colto e senza pregiudizi, che ascolta, obietta e si lascia convincere: il modello del lettore
Simplicio	un filosofo aristotelico di cui la prefazione tace il nome reale, chiamato come Simplicio, il commentatore greco di Aristotele del VI secolo d.C.; probabilmente una figura costruita da Galileo	il difensore della tradizione aristotelica e tolemaica, che ragiona citando i testi

Il **dialogo** come genere ha una storia che conosci bene. Lo ha reso grande **Platone**, che hai studiato in Filosofia: nei dialoghi giovanili Socrate interroga un interlocutore sicuro di sé e, domanda dopo domanda, lo porta a riconoscere che le sue certezze si contraddicono; la sua arma è l'*ironia*, la finta ignoranza di chi lascia parlare l'altro finché si smentisce da solo. Lo ha portato a Roma **Cicerone**, che leggi quest'anno in Latino: nei suoi dialoghi la discussione si svolge tra uomini colti, spesso in una villa e in un giorno di riposo dagli affari, e la parte principale è affidata volentieri a grandi romani del passato, già morti quando Cicerone scrive, come Catone il Vecchio nel *De senectute* o Scipione Emiliano nel *De re publica*. Il Rinascimento riprende entrambi i modelli, come ricordi dal *Cortegiano* (*Italiano 3*, cap. 11). Galileo li conosce e li fonde: da Platone gli vengono le domande che costringono l'avversario a contraddirsi e l'ironia; da Cicerone la cornice, cioè il palazzo di un gentiluomo, la conversazione tra amici colti e i personaggi reali e ormai scomparsi (Salviati era morto nel 1614, Sagredo nel 1620).

Per Galileo è un'arma argomentativa formidabile. Gli permette di dare voce alle obiezioni degli avversari e di confutarle una per una; di presentare le idee copernicane come ipotesi discusse, e non come tesi affermate, in apparenza rispettando il divieto del 1616; di alternare la dimostrazione rigorosa, la battuta ironica, la digressione, il racconto. Il nome *Simplicio* è già ironico, perché suona come «sempliciotto», anche se nella prefazione Galileo dichiara di averlo scelto per il commentatore antico. Simplicio non è uno stupido: è un uomo colto che rinuncia a pensare con la propria testa.

4.4.5 Il filosofo e il notomista (*Dialogo*, Giornata II)

All'inizio della seconda giornata Simplicio difende il valore dell'autorità di Aristotele, e Sagredo racconta un episodio a cui sostiene di aver assistito. Il contesto è una dissezione anatomica: si discuteva se i nervi nascano dal cervello, come sostenevano i medici seguaci di Galeno, o dal cuore, come aveva scritto Aristotele.

> Mi trovai un giorno in casa un medico molto stimato in Venezia, dove alcuni per loro studio, ed altri per curiosità, convenivano tal volta a veder qualche taglio di notomia per mano di uno veramente non men dotto che diligente e pratico notomista. Ed accadde quel giorno, che si andava ricercando l'origine e nascimento de i nervi, sopra di che è famosa controversia tra i medici galenisti ed i Peripatetici; e mostrando il notomista come, partendosi dal cervello e passando per la nuca, il grandissimo ceppo de i nervi si andava poi distendendo per la spinale e diramandosi per tutto il corpo, e che solo un filo sottilissimo come il refe arrivava al cuore, voltosi ad un gentil uomo ch'egli conosceva per filosofo peripatetico, [...] gli domandò s'ei restava ben pago e sicuro, l'origine de i nervi venir dal cervello e non dal cuore; al quale il filosofo, doppo essere stato alquanto sopra di sé, rispose: «Voi mi avete fatto veder questa cosa talmente aperta e sensata, che quando il testo d'Aristotile non fusse in contrario, che apertamente dice, i nervi nascer dal cuore, bisognerebbe per forza confessarla per vera».
>
> (Galilei, *Dialogo*, Giornata II)

Guida alla lettura

Comprensione. Il notomista (l'anatomista, che seziona i cadaveri) mostra a tutti che i nervi partono dal cervello e che al cuore arriva solo un filo sottile come il *refe* (il filo da cucire). Il filosofo aristotelico ammette che la cosa è evidente, ma non la accetta, perché Aristotele ha scritto il contrario.

Analisi. Il racconto è una piccola novella con una costruzione accurata: l'ambiente (una casa veneziana, un pubblico di studiosi e di curiosi), la tensione (la «famosa controversia»), la dimostrazione (il lungo periodo che segue il percorso dei nervi, con i gerundi *partendosi … passando … distendendo … diramandosi* che sembrano accompagnare la mano del notomista), la pausa (*doppo essere stato alquanto sopra di sé*) e infine la battuta. Tutto il comico sta nell'ultima frase: il filosofo dice *aperta e sensata*, cioè «evidente ai sensi», e poi subordina l'evidenza a un testo con una condizionale assurda («quando il testo d'Aristotile non fusse in contrario»). È un **ragionamento per assurdo** messo in scena: non serve confutare il principio d'autorità, basta mostrarne le conseguenze.

Interpretazione. Subito dopo Sagredo chiama questa risposta «la sola autorità ed il puro *Ipse dixit*» («lo ha detto lui», la formula con cui i discepoli citavano il maestro): è il **principio d'autorità**, contro cui è costruito tutto il *Dialogo*. L'ironia di Galileo non colpisce Aristotele, che anzi nel libro è spesso rispettato come un grande osservatore, ma gli aristotelici che hanno trasformato un pensatore in un idolo. Nota anche la scelta del luogo: siamo a Venezia, tra medici e curiosi, cioè nel pubblico nuovo per cui Galileo scriveva in volgare.

4.4.6 La nave di Salviati (*Dialogo*, Giornata II)

Gli avversari di Copernico avevano un argomento fortissimo: se la Terra girasse, un sasso lasciato cadere dalla cima di una torre dovrebbe toccare terra lontano dal piede della torre, perché nel frattempo la Terra sarebbe scivolata sotto di lui verso oriente; e gli uccelli in volo, le nuvole, le palle di cannone resterebbero indietro. Poiché questo non accade, la Terra sta ferma. Salviati, dopo aver discusso a lungo i singoli casi, propone un esperimento che chiunque può fare:

> Riserratevi con qualche amico nella maggiore stanza che sia sotto coverta di alcun gran navilio, e quivi fate d'aver mosche, farfalle e simili animaletti volanti; siavi anco un gran vaso d'acqua, e dentrovi de' pescetti; sospendasi anco in alto qualche secchiello, che a goccia a goccia vadia versando dell'acqua in un altro vaso di angusta bocca, che sia posto a basso: e stando ferma la nave, osservate diligentemente come quelli animaletti volanti con pari velocità vanno verso tutte le parti della stanza; i pesci si vedranno andar notando indifferentemente per tutti i versi; le stille cadenti entreranno tutte nel vaso sottoposto; e voi, gettando all'amico alcuna cosa, non più gagliardamente la dovrete gettare verso quella parte che verso questa, quando le lontananze sieno eguali; e saltando voi, come si dice, a piè giunti, eguali spazii passerete verso tutte le parti. Osservate che avrete diligentemente tutte queste cose, benché niun dubbio ci sia che mentre il vassello sta fermo non debbano succeder così, fate muover la nave con quanta si voglia velocità; ché (pur che il moto sia uniforme e non fluttuante in qua e in là) voi non riconoscerete una minima mutazione in tutti li nominati effetti, né da alcuno di quelli potrete comprender se la nave cammina o pure sta ferma [...]. E di tutta questa corrispondenza d'effetti ne è cagione l'esser il moto della nave comune a tutte le cose contenute in essa ed all'aria ancora [...].
>
> (Galilei, *Dialogo*, Giornata II)

Guida alla lettura

Comprensione. Chiusi sotto coperta in una grande nave, osserviamo animali in volo, pesci in un vaso, gocce che cadono, oggetti lanciati, salti: a nave ferma, tutto avviene in modo uguale in ogni direzione. Se la nave si muove di moto uniforme, cioè con velocità costante e senza scosse, non cambia nulla, e da nessuno di questi fenomeni possiamo capire se la nave si muove. La causa è che il moto della nave è comune a tutto ciò che contiene, aria compresa.

Analisi. Il passo è un **esperimento mentale**: un esperimento descritto con tanta precisione che il lettore può eseguirlo con l'immaginazione, e che potrebbe eseguire davvero. La sintassi segue il procedimento sperimentale: gli **imperativi** (*riserratevi*, *fate d'aver*, *osservate*, *fate muover*) danno le istruzioni; i congiuntivi esortativi (*siavi*, *sospendasi*) allestiscono il laboratorio; i futuri (*si vedranno*, *entreranno*, *non riconoscerete*) prevedono i risultati. L'**elenco** dei casi, ripreso due volte (prima a nave ferma, poi a nave in moto), produce un effetto di accumulo: nessun fenomeno sfugge. La parentesi «pur che il moto sia uniforme e non fluttuante» è la condizione scientifica essenziale, e Galileo la mette in evidenza. Il lessico è quotidiano (*mosche*, *secchiello*, *a piè giunti*), perché il lettore deve riconoscere esperienze che ha già fatto.

Interpretazione. L'argomento è un'**analogia**: la Terra è come una grande nave, e ciò che vale sulla nave vale sulla Terra. Se dentro una nave in moto uniforme nessun esperimento rivela il moto, allora la caduta di un sasso non può dimostrare che la Terra sta ferma. L'argomento degli avversari non viene solo respinto: viene svuotato. Quasi tre secoli dopo, nel 1905, Einstein estenderà questa idea a tutte le leggi della fisica e ne farà il primo postulato della relatività ristretta.

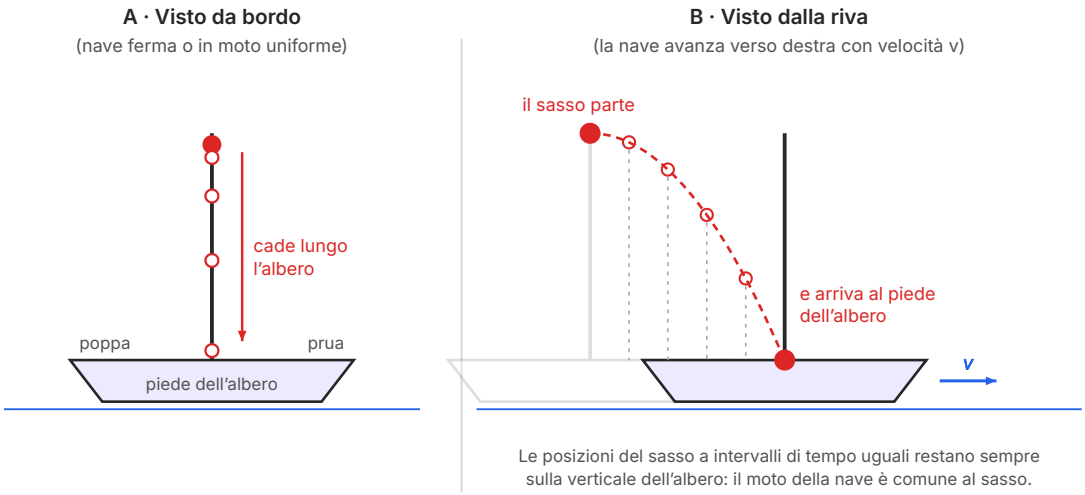


Figura 4.4 Il sasso lasciato cadere dalla cima dell'albero di una nave in moto uniforme. A: per chi è a bordo cade lungo l'albero, come a nave ferma. B: per chi guarda dalla riva il sasso descrive una parabola, perché conserva la velocità orizzontale della nave, e arriva comunque al piede dell'albero. Posizioni calcolate per un albero alto 10 m e una nave che procede a 6 m/s: la caduta dura circa 1,4 s, e in questo tempo nave e sasso avanzano insieme di circa 8,6 m (resistenza dell'aria trascurata).

COLLEGAMENTI

Fisica · Il principio di relatività galileiana. Lo hai studiato in Fisica lo scorso anno, insieme ai principi della dinamica: qui lo vedi nascere sulla pagina. Nella seconda giornata del *Dialogo* Salviati discute anche il caso del sasso lasciato cadere dall'albero della nave: contro gli aristotelici, che lo immaginavano cadere verso poppa, sostiene che cade al piede dell'albero sia a nave ferma sia a nave in moto (Figura 4.4). In linguaggio moderno: **le leggi della meccanica sono le stesse in tutti i sistemi di riferimento che si muovono di moto rettilineo uniforme l'uno rispetto all'altro** (sistemi inerziali). Per questo nessun esperimento meccanico fatto all'interno di un sistema inerziale permette di sapere se esso è in quiete o in moto uniforme. È un'idea vicina al principio d'inerzia, che Cartesio e poi Newton formularono in modo generale. Attenzione: la Terra, che ruota, non è esattamente un sistema inerziale, ma gli effetti della rotazione (come la deviazione dei corpi in caduta studiata più tardi) sono piccolissimi e non si potevano misurare all'epoca di Galileo.

ESEMPIO SVOLTO

Mappare un'argomentazione. Ricostruisci lo schema dell'argomentazione della nave. *Procedimento*: 1) trova la tesi che Salviati vuole confutare (non è scritta nel passo: va ricavata dal contesto); 2) trova la sua tesi; 3) individua la prova e la causa che la spiega; 4) cerca le obiezioni che il testo previene; 5) dai un nome alle tecniche. La Figura 4.5 mostra il risultato. Nota il punto 4: subito dopo il passo letto, Salviati spiega perché ha chiesto di stare *sotto coverta*. Sul ponte, all'aria aperta, il fumo resterebbe indietro, e così le mosche e le farfalle che si allontanassero dalla nave, perché l'aria aperta non segue la nave; ma questa piccola differenza dipende dall'aria, non dal moto in sé, e nelle gocce e nei salti sarebbe impercettibile. Prevenire un'obiezione prima che l'avversario la sollevi è una delle tecniche più efficaci di ogni testo argomentativo: la ritroverai nel capitolo 16.

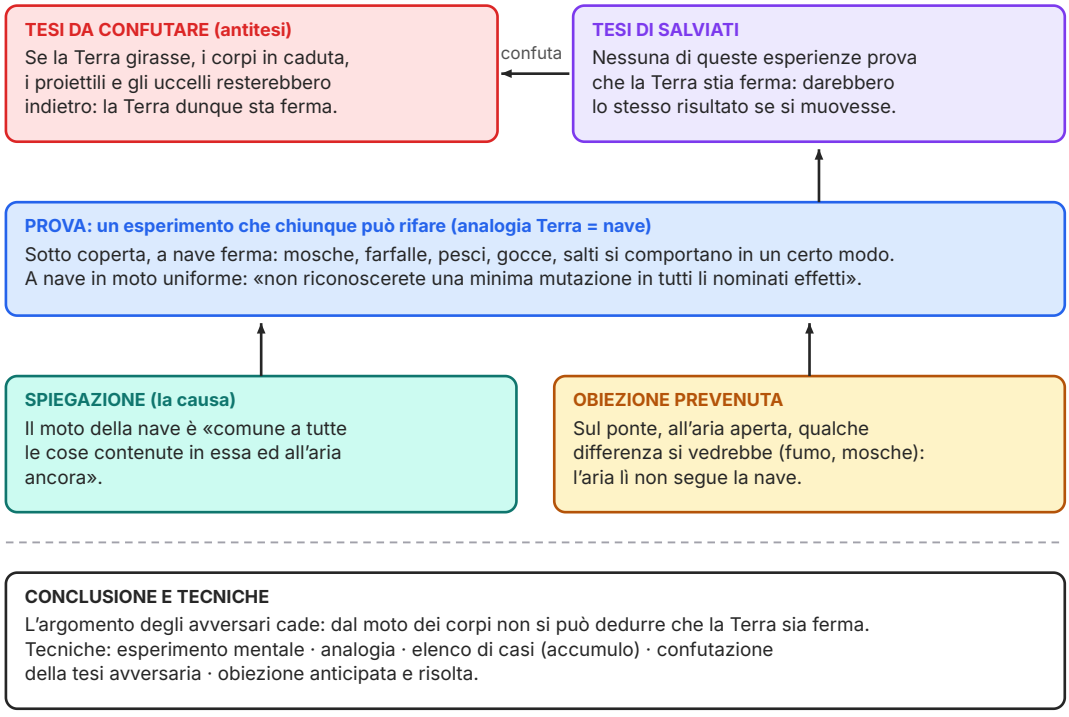


Figura 4.5 L'argomentazione della nave (*Dialogo*, Giornata II) ridotta a schema: la tesi avversaria, la tesi di Salviati, la prova per analogia, la causa e l'obiezione prevenuta. Le frecce indicano che cosa sostiene che cosa.

IN SINTESI

Le armi argomentative di Galileo. 1) *Confutazione della premessa implicita*: non quale autorità seguire, ma se seguirne una (libro della natura). 2) *Analogia e racconto esemplare*: la favola dei suoni, la Terra come nave. 3) *Esperimento mentale*: istruzioni precise che il lettore può eseguire. 4) *Deduzione* da premesse condivise: Scrittura e natura vengono da Dio, dunque non si contraddicono. 5) *Ragionamento per assurdo e ironia*: il filosofo che nega ciò che vede. 6) *Obiezione prevenuta*: perché «sotto coverta». 7) *Forma dialogica*: le tesi avversarie hanno una voce, e il lettore assiste alla loro sconfitta.

4.5 La scuola galileiana e le parole della scienza

4.5.1 L'Accademia del Cimento

Dopo la condanna, la ricerca in Italia non si fermò. Gli allievi di Galileo continuarono il suo lavoro: Evangelista Torricelli, che nel 1644 realizzò l'esperimento del tubo di mercurio e misurò la pressione dell'atmosfera (lo hai studiato in Fisica lo scorso anno, a proposito dell'equilibrio dei fluidi), e Vincenzo Viviani, che fu l'ultimo discepolo del maestro ad Arcetri e il suo primo biografo. A Firenze il principe Leopoldo de' Medici, fratello del granduca Ferdinando II, fondò nel 1657 l'**Accademia del Cimento**, che durò fino al 1667. *Cimento* significa «prova», «verifica rischiosa», e il motto dell'Accademia era «Provando e riprovando», cioè provando e riprovando con gli esperimenti: un verso di Dante (*Par.* III 3) preso in un senso nuovo, quello della verifica sperimentale.

Gli accademici non pubblicavano a nome proprio, ma come gruppo, e misuravano più che discutere: costruirono termometri e barometri, studiarono il vuoto, la dilatazione dei corpi con il calore, la velocità del suono. Il volume che ne raccoglie i risultati, i *Saggi di naturali esperienze* (1667), fu curato dal segretario **Lorenzo Magalotti** in una prosa limpida ed elegante: è un modello della prosa scientifica descrittiva, che racconta gli strumenti e i procedimenti in modo che altri possano ripeterli. A differenza delle accademie letterarie del Seicento (cap. 3), questa è un'accademia scientifica nel senso moderno: un gruppo di ricercatori che controlla i risultati in comune.

4.5.2 Francesco Redi e le mosche

Il medico aretino **Francesco Redi** (1626–1697), al servizio dei Medici, fu insieme scienziato e letterato: accademico della Crusca, collaborò alla terza edizione del *Vocabolario* (cap. 3) e scrisse un ditirambo famoso, *Bacco in Toscana*. Nelle *Esperienze intorno alla generazione degl'insetti* (1668) affrontò un'idea antichissima, risalente ad Aristotele: la **generazione spontanea**, secondo cui i vermi nascono da soli dalla carne che marcisce. Redi ne dubitò, perché aveva sempre

visto posarsi sulla carne delle mosche della stessa specie di quelle che poi ne nascevano. Ma il dubbio, scrive, sarebbe stato vano senza l'esperienza:

> Imperciocché a mezzo il mese di luglio in quattro fiaschi di bocca larga misi una serpe, alcuni pesci di fiume, quattro anguillette d'Arno, ed un taglio di vitella di latte, e poscia, serrate benissimo le bocche con carta, e spago, e benissimo sigillate, in altrettanti fiaschi posi altrettante delle suddette cose, e lasciai le bocche aperte: né molto passò di tempo, che i pesci, e le carni di questi secondi vasi diventarono verminose; ed in essi vasi vedevansi entrar', ed uscir le mosche a lor voglia; ma ne fiaschi serrati non ho mai veduto nascer' un baco, ancorché sieno scorsi molti mesi [...].
>
> (Redi, *Esperienze intorno alla generazione degl'insetti*)

Il passo è un piccolo modello di relazione sperimentale. In italiano di oggi: a metà luglio Redi mette in quattro fiaschi una serpe, alcuni pesci, quattro anguille e un pezzo di carne di vitello, e li chiude bene con carta e spago; in altri quattro fiaschi mette le stesse cose, ma li lascia aperti. Nei fiaschi aperti, dove le mosche entrano ed escono, nascono presto i vermi; in quelli chiusi, anche dopo molti mesi, nessuno. È un esperimento **con controllo**: due gruppi identici in tutto tranne che in un fattore, l'accesso delle mosche (Figura 4.6). La prosa segue l'ordine dell'esperimento (tempo, materiali, procedura, risultato) e si chiude con una frase negativa forte, in prima persona, che è insieme il dato e la prova.

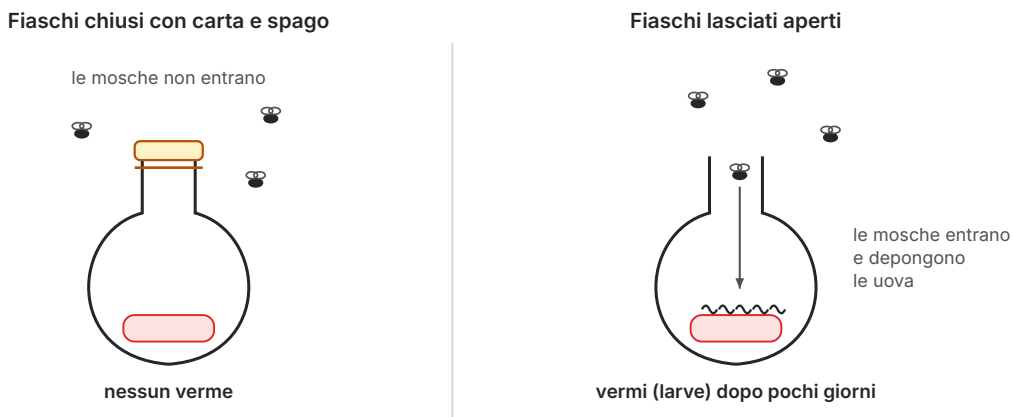


Figura 4.6 L'esperimento di Redi (1668), *schema*. Gli stessi materiali in fiaschi chiusi e in fiaschi aperti: i vermi, cioè le larve delle mosche, compaiono solo dove le mosche possono deporre. Redi verificò anche che i fiaschi chiusi restavano senza vermi per molti mesi.

COLLEGAMENTI

Scienze · Dalla generazione spontanea alla biologia moderna. L'esperimento di Redi dimostrò che i vermi della carne nascono dalle uova delle mosche, ma non chiuse del tutto la questione: Redi stesso pensava che in alcuni casi (per esempio per certi insetti che vivono nelle piante) la generazione spontanea fosse possibile. Il dibattito si riaprì con la scoperta dei microrganismi al microscopio, e fu risolto per i microbi solo nell'Ottocento dagli esperimenti di Louis Pasteur. In Scienze ritroverai il principio che Redi applicò con chiarezza: ogni essere vivente nasce da un altro essere vivente.

4.5.3 Le parole della scienza

La nuova scienza aveva bisogno di parole, e le prese quasi sempre dalla lingua comune, dando loro un significato preciso. Per Galileo le parole devono indicare cose misurabili: è la nascita dei **lessici disciplinari** che conosci dal volume del terzo anno, e per i quali le *Indicazioni* chiedono attenzione ai «termini che passano dalle lingue speciali alla lingua comune o che sono dotati di diverse accezioni nei diversi ambiti di uso». La Tabella 4.4 segue alcune di queste parole tra il Seicento e oggi.

Tabella 4.4 Alcune parole della fisica dal Seicento a oggi.

Parola	Nel Seicento (Galileo e la tradizione)	Nella fisica di oggi	Nella lingua comune
forza	parola di uso largo: vigore, efficacia, ma anche ciò che produce o mantiene un moto	grandezza vettoriale definita dalla seconda legge della dinamica (Newton, 1687), misurata in newton	robustezza fisica o morale («ha molta forza»)
momento	la tendenza di un grave a muoversi, che dipende dal peso e dalla velocità o dalla distanza dal punto d'appoggio (nella leva)	momento di una forza: prodotto della forza per il braccio, che fa ruotare un corpo	istante, breve tempo («un momento»)
impeto	nella fisica medievale, la «virtù» impressa a un proiettile che lo fa muovere; Galileo da giovane la usa, poi la supera	non è più un termine tecnico: al suo posto ci sono inerzia e quantità di moto	slancio, foga («parlare con impeto»)
gravità	la pesantezza dei corpi, la loro tendenza naturale verso il basso, opposta alla «leggerezza»	l'interazione gravitazionale; l'accelerazione di gravità $g \approx 9{,}8\ \text{m/s}^2$	serietà, importanza («la gravità della situazione»)
cimento	prova, verifica rischiosa; l'Accademia del Cimento	—	prova impegnativa, ormai di registro letterario («mettersi al cimento»)

Due osservazioni. La prima: parole come *momento* e *gravità* hanno oggi significati diversi in fisica e nella lingua comune, e chi scrive una relazione o un testo argomentativo deve saper scegliere l'accezione giusta e, se serve, dichiararla. La seconda: il passaggio da un significato vago a uno preciso non è avvenuto in un giorno. Nelle pagine di Galileo *forza*, *impeto* e *momento* sono a volte quasi sinonimi; la loro definizione rigorosa arriva con Newton. Leggere un testo scientifico del passato richiede quindi la stessa attenzione storica che dedichi a un testo letterario: non bisogna attribuire alle parole il significato che hanno nel nostro libro di fisica. Riprenderai questo lavoro sui lessici nel capitolo 16.

DA RICORDARE

Galileo in quattro parole. *Esperienze* e *dimostrazioni*: il metodo. *Volgare*: la scelta di scrivere per un pubblico nuovo. *Dialogo*: la forma che dà voce all'avversario per sconfiggerlo. *Autonomia*: la natura si studia con i suoi strumenti, e la Scrittura insegna «come si vadia al cielo».

SINTESI

- La **rivoluzione scientifica** sostituisce al cosmo geocentrico di Aristotele e Tolomeo il sistema eliocentrico di Copernico (1543), perfezionato da Keplero con le orbite ellittiche; il sistema di Tycho tenta un compromesso.
- Più ancora che l'immagine del cosmo cambia il **metodo**: la conoscenza della natura si fonda sulle *sensate esperienze* e sulle *necessarie dimostrazioni*, non sull'autorità dei libri antichi.
- Galileo (Pisa 1564 – Arcetri 1642) insegna a Padova (1592–1610), costruisce il cannocchiale e nel *Sidereus nuncius* (1610, in latino) annuncia montagne lunari, stelle della Via Lattea e quattro satelliti di Giove.
- Nelle **lettere copernicane** (a Castelli, 1613; a Cristina di Lorena, 1615) sostiene che Scrittura e natura non possono contraddirsi e che la Scrittura insegna «come si vadia al cielo, e non come vadia il cielo».
- Il decreto del 1616 condanna la dottrina copernicana; nel 1623 esce *Il Saggiatore*, nel 1632 il *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*; il 22 giugno 1633 Galileo abiura. «Eppur si muove» è una leggenda.
- Dopo il *Sidereus* Galileo scrive in **volgare**, per un pubblico di non specialisti e contro il latino delle scuole; la sua prosa è chiara, concreta, ironica.
- Il **libro della natura** è scritto «in lingua matematica»: la frase del *Saggiatore* condensa il metodo e confuta la premessa che si debba seguire un'autorità.
- La **favola dei suoni** insegna per analogia l'umiltà del ricercatore: i modi della natura possono essere infiniti e sconosciuti.
- Il *Dialogo* (quattro giornate; Salviati, Sagredo, Simplicio) usa la forma dialogica, ereditata da Platone e da Cicerone, l'ironia contro il principio d'autorità (il filosofo e il notomista) e l'esperimento mentale della **nave**, base della relatività galileiana.
- L'**Accademia del Cimento** (1657–1667) e **Francesco Redi** (l'esperimento con controllo contro la generazione spontanea, 1668) continuano il metodo galileiano.
- La nuova scienza dà un significato preciso a parole comuni (*forza*, *momento*, *gravità*): nascono i lessici disciplinari.

ESERCIZI

Comprendere e ricordare

1. ● Nel sistema tolemaico il Sole:
   - **A.** è immobile al centro dell'universo
   - **B.** gira intorno alla Terra, come gli altri pianeti
   - **C.** gira intorno a Giove
   - **D.** coincide con la sfera delle stelle fisse

2. ●● Perché le scoperte del 1610 non bastavano a dimostrare il moto della Terra?
   - **A.** perché il cannocchiale deformava le immagini
   - **B.** perché nessuno poteva ripetere le osservazioni di Galileo
   - **C.** perché erano spiegabili anche con il sistema di Tycho, con la Terra immobile
   - **D.** perché contraddicevano le leggi di Keplero

3. ●● Che cosa intende Galileo con «sensate esperienze» e «necessarie dimostrazioni»?
   - **A.** le osservazioni dei sensi e i ragionamenti matematici che ne ricavano conclusioni certe
   - **B.** le opinioni ragionevoli e le citazioni degli autori antichi
   - **C.** gli esperimenti del passato e quelli del futuro
   - **D.** le esperienze religiose e le prove teologiche

4. ●● Perché Galileo, dopo il *Sidereus nuncius*, scrive le sue opere principali in volgare?
   - **A.** perché non conosceva bene il latino
   - **B.** perché l'Inquisizione vietava di scrivere di astronomia in latino
   - **C.** perché il granduca di Toscana glielo aveva ordinato
   - **D.** per raggiungere un pubblico di non specialisti e uscire dal recinto delle scuole aristoteliche

5. ●● Nella *Lettera a Cristina di Lorena* Galileo sostiene che:
   - **A.** la Bibbia contiene errori di astronomia che vanno corretti
   - **B.** Scrittura e natura vengono da Dio e non possono contraddirsi; nelle questioni naturali si parte dalle esperienze e dalle dimostrazioni
   - **C.** la scienza deve sempre cedere davanti alla Scrittura
   - **D.** la teologia è una scienza inutile

6. ●● Nel *Dialogo* il personaggio che rappresenta il lettore colto e senza pregiudizi è:
   - **A.** Simplicio
   - **B.** Salviati
   - **C.** Sagredo
   - **D.** il notomista

7. ●●● Che cosa dimostra l'esperimento della nave, secondo Salviati?
   - **A.** che la Terra sta ferma, perché il sasso cade sempre a piombo
   - **B.** che gli oggetti in una nave in moto restano indietro verso poppa
   - **C.** che il moto della Terra si può misurare lanciando oggetti
   - **D.** che dal comportamento dei corpi in un sistema in moto uniforme non si può capire se esso si muove

8. ●● Che cosa rende l'esperimento di Redi un esperimento «con controllo»?
   A. due gruppi di fiaschi identici tranne che per l'accesso delle mosche
   B. la presenza di un notaio che controllava i risultati
   C. l'uso del microscopio
   D. la ripetizione dell'esperimento in estate e in inverno

Comprensione e parafrasi

9. ● Volgi in italiano di oggi la frase: «la meno importante cosa è che quello che vi è scritto sia vero» (*Il Saggiatore*, cap. 6). A quali libri si riferisce Galileo, e perché li cita?

10. ● Spiega il significato di queste parole nei passi letti: *notomista*, *refe*, *navilio*, *coverta*, *inopinabili*, *artefici*.

11. ●● Volgi in italiano di oggi il finale della favola dei suoni, da «onde si ridusse» a «incogniti ed inopinabili».

12. ●● Volgi in italiano di oggi la risposta del filosofo al notomista: «Voi mi avete fatto veder questa cosa talmente aperta e sensata, che quando il testo d'Aristotile non fusse in contrario, che apertamente dice, i nervi nascer dal cuore, bisognerebbe per forza confessarla per vera».

13. ●● Volgi in italiano di oggi la parte del passo della nave che va da «fate muover la nave» a «o pure sta ferma».

14. ●●● Spiega il gioco di parole della frase «come si vadia al cielo, e non come vadia il cielo»: quali significati ha la parola *cielo* nelle due parti? Riformula la frase con parole tue senza perdere il senso.

Analisi del testo

15. ● Nel passo del libro della natura, elenca le parole che appartengono al campo semantico del libro e della scrittura. Quale seconda immagine chiude il passo, e che cosa rappresenta?

16. ●● Nel passo della nave individua i verbi all'imperativo, quelli al congiuntivo esortativo e quelli al futuro. Spiega quale fase dell'esperimento esprime ciascun gruppo.

17. ●● Perché la parentesi «pur che il moto sia uniforme e non fluttuante in qua e in là» è essenziale, dal punto di vista scientifico? Che cosa succederebbe in una nave che beccheggia o che frena?

18. ●● Nel racconto del notomista, individua le fasi della narrazione (ambiente, tensione, dimostrazione, pausa, battuta finale) e indica le parole con cui comincia ciascuna.

19. ●● In che senso la risposta del filosofo aristotelico è un ragionamento per assurdo messo in scena? Che cosa vuole dimostrare Galileo, e perché non ha bisogno di confutare esplicitamente il principio d'autorità?

20. ●● Spiega perché la favola dei suoni è costruita come un climax. Con quale avverbio Galileo trasforma la confessione di ignoranza in un atto nobile?

21. ●●● Nella *Lettera a Cristina* Galileo, nemico del principio d'autorità, cita un cardinale. È una contraddizione? Spiega la funzione argomentativa della citazione.

22. ●●● Confronta la sintassi del passo dell'Arsenale (*Discorsi*, Giornata I) con quella della formula di abiura: quale dei due testi usa la ripetizione e l'accumulo di sinonimi, e perché? Quale dei due è scritto da Galileo?

Contestualizzare e collegare

23. ●● *Collegamento con Italiano 3*. Ariosto descrive la Luna come un «acciar che non ha macchia alcuna» (*Fur.* XXXIV 70). Spiega perché questa immagine corrispondeva alla fisica aristotelica e che cosa cambiò con il *Sidereus nuncius*.

24. ●● *Fisica*. Un sasso cade da un albero di nave alto 10 m mentre la nave procede in moto uniforme a 6 m/s. Quanto dura la caduta ($g = 9{,}8\ m/s^2$, aria trascurata)? Di quanto avanza la nave in quel tempo? Dove cade il sasso rispetto al piede dell'albero, e perché?

25. ●● *Storia e Filosofia*. Spiega che cosa si intende per secolarizzazione del sapere e mostra come la *Lettera a Cristina* ne sia un esempio, pur essendo scritta da un credente.

26. ●●● *Scienze*. Descrivi l'esperimento di Redi come una relazione di laboratorio: ipotesi, materiali, procedimento, variabile, risultato, conclusione. Che cosa Redi non poteva ancora dimostrare?

27. ●● *Filosofia e Latino*. Il *Dialogo* di Galileo ha due antenati classici, i dialoghi di Platone e quelli di Cicerone. Indica che cosa Galileo riprende da ciascuno dei due modelli e mostra, per ogni elemento, un esempio tratto dalle pagine del *Dialogo* lette in questo capitolo.

Scrivere

28. ●● Scrivi un breve commento (10–15 righe) al passo del libro della natura, spiegando perché la matematica è definita una «lingua» e che cosa significa questa idea per chi oggi studia la matematica e la fisica.

29. ●● Riscrivi l'episodio del filosofo e del notomista come una breve scena teatrale ambientata oggi (un laboratorio, un influencer, un esperto), con almeno tre battute per personaggio. Conserva la struttura: dimostrazione evidente, rifiuto in nome di un'autorità.

30. ●●● «La forma del dialogo è un'arma argomentativa.» Discuti questa affermazione in un testo di circa 300 parole, con esempi tratti dal *Dialogo* di Galileo e, se vuoi, da altri dialoghi che conosci (Platone, Cicerone, il *Cortegiano*).

Verso la verifica

31. **Leggi il passo dei *Discorsi* sull'Arsenale (nel paragrafo sulla scelta del volgare) e rispondi.** ●● a) Riassumi il contenuto del passo in non più di 30 parole. b) Spiega il significato di *specolativi*, *mecanica*, *artefici*, *peritissimi*. c) Individua la proposizione principale e la causale introdotta da *atteso che*.

32. ●●● Sullo stesso passo: d) Perché l'ambientazione veneziana e il riferimento agli artigiani sono una scelta culturale significativa? e) Collega il passo alla scelta del volgare e al pubblico a cui Galileo si rivolgeva (6–8 righe).

PER APPROFONDIRE

- [GAL] I testi di questo capitolo (*Sidereus nuncius*, *Lettera a Cristina di Lorena*, *Il Saggiatore*, *Dialogo*, *Discorsi*) nell'Edizione Nazionale: vale la pena leggere per intero la Giornata II del *Dialogo*.
- [FER] Per la rivoluzione scientifica, la vita di Galileo e la prosa scientifica del Seicento nel quadro della letteratura italiana.
- [MIG] Per la lingua della scienza nel Seicento e la formazione dei lessici tecnici.

Glossario del capitolo

Abiura
Rinuncia solenne, davanti a un tribunale ecclesiastico, a un'opinione giudicata eretica o sospetta; quella di Galileo fu pronunciata il 22 giugno 1633.

Accademia del Cimento
Accademia scientifica fiorentina (1657–1667) fondata da Leopoldo de' Medici; motto «Provando e riprovando»; i suoi *Saggi* furono curati da Magalotti.

Esperimento con controllo
Esperimento in cui due gruppi identici differiscono per un solo fattore, a cui si può quindi attribuire la differenza nei risultati (Redi, 1668).

Esperimento mentale
Esperimento descritto con precisione e svolto con il ragionamento, per mostrare le conseguenze di un'ipotesi (la nave del *Dialogo*).

Generazione spontanea
Antica teoria secondo cui alcuni esseri viventi nascono da materia non vivente, per esempio i vermi dalla carne in putrefazione.

Lettere copernicane
Lettere di Galileo a Benedetto Castelli (1613), a Piero Dini e a Cristina di Lorena (1615) sul rapporto tra la Scrittura e la teoria copernicana.

Metodo sperimentale
Modo di conoscere la natura che unisce le osservazioni e gli esperimenti (sensate esperienze) ai ragionamenti matematici (necessarie dimostrazioni).

Necessarie dimostrazioni
Per Galileo, i ragionamenti matematici che ricavano conclusioni certe dai dati dell'esperienza.

Pianeti medicei
Nome dato da Galileo, in onore dei Medici, ai quattro satelliti di Giove scoperti nel gennaio 1610.

Principio d'autorità
Criterio per cui un'affermazione è vera perché la sostiene un autore autorevole (*Ipse dixit*); Galileo lo respinge nelle questioni naturali.

Relatività galileiana
Principio per cui le leggi della meccanica sono le stesse in tutti i sistemi in moto rettilineo uniforme l'uno rispetto all'altro.

Rivoluzione scientifica
Trasformazione del sapere tra Cinquecento e Seicento (da Copernico a Newton): nuova immagine del cosmo e nuovo metodo fondato su esperienza e matematica.

Secolarizzazione
Processo per cui ambiti del sapere e della vita sociale diventano autonomi dall'autorità religiosa.

Sensate esperienze
Per Galileo, le osservazioni e gli esperimenti condotti con i sensi, anche potenziati da strumenti come il cannocchiale.

Sistema eliocentrico
Modello del cosmo con il Sole al centro e la Terra che gli gira intorno ruotando su sé stessa (Copernico, 1543).

Sistema geocentrico
Modello del cosmo con la Terra immobile al centro, sistemato da Tolomeo (II sec. d.C.) e accolto dalla tradizione aristotelica.

Sistema ticonico
Modello di Tycho Brahe: la Terra immobile al centro, il Sole e la Luna le girano intorno, gli altri pianeti girano intorno al Sole.

Soluzioni

1. B. Nel sistema tolemaico il Sole è uno dei sette «pianeti» che girano intorno alla Terra immobile, nel quarto cielo.

2. C. Le fasi di Venere smentiscono Tolomeo, ma nel sistema di Tycho Venere gira intorno al Sole e il Sole intorno alla Terra: anche lì Venere mostra le fasi.

3. A. Sono i due pilastri del metodo: l'osservazione, anche con strumenti, e la dimostrazione matematica.

4. D. Galileo vuole lettori nuovi (corti, tecnici, mercanti) e rompe con il latino delle università; il latino del *Sidereus* serviva a raggiungere subito i dotti europei.

5. B. È la tesi delle lettere copernicane: due fonti di verità con la stessa origine e due ambiti diversi.

6. C. Sagredo ascolta, obietta e si lascia convincere: è il lettore ideale; Salviati è il portavoce di Galileo, Simplicio il difensore di Aristotele.

7. D. In un sistema in moto uniforme tutti i fenomeni avvengono come in quiete: quindi la caduta dei gravi non prova l'immobilità della Terra.

8. A. I due gruppi di fiaschi contengono le stesse cose e differiscono solo per un fattore (aperti o chiusi): il risultato si può attribuire a quel fattore.

9. «La cosa meno importante è che ciò che vi è scritto sia vero.» Galileo si riferisce all'*Iliade* e all'*Orlando furioso*, cioè alla poesia, in cui conta la bellezza e non la verità dei fatti. Li cita per ironia: Sarsi tratta la filosofia naturale come se fosse un libro di un autore, un'opera dell'immaginazione, invece che la conoscenza del mondo reale.

10. *Notomista*: anatomista, chi seziona i cadaveri per studiarne il corpo (da *notomia*, anatomia). *Refe*: filo da cucire, robusto e sottile. *Navilio*: nave, naviglio. *Coverta*: coperta, il ponte della nave; *sotto coverta* = nella parte chiusa sotto il ponte. *Inopinabili*: che non si possono nemmeno immaginare o supporre. *Artefici*: artigiani, operai specializzati.

11. Parafrasi modello: «Perciò arrivò a diffidare tanto del proprio sapere che, quando gli chiedevano come nascono i suoni, rispondeva con generosità di conoscere alcuni modi, ma di essere convinto che ce ne potessero essere cento altri, sconosciuti e impossibili da immaginare.»

12. Parafrasi modello: «Mi avete mostrato questa cosa in modo così chiaro ed evidente ai sensi che, se il testo di Aristotele non dicesse il contrario (dice infatti chiaramente che i nervi nascono dal cuore), sarei costretto ad ammettere che è vera.»

13. Parafrasi modello: «Fate muovere la nave alla velocità che volete: purché il moto sia uniforme e non ondeggi da una parte all'altra, non noterete il minimo cambiamento in nessuno dei fenomeni elencati, e da nessuno di essi potrete capire se la nave avanza o sta ferma.»

14. Nella prima parte *cielo* indica il paradiso, la salvezza dell'anima («come si arriva in paradiso»); nella seconda indica la volta celeste e i moti degli astri («come si muovono i corpi celesti»). Riformulazione possibile: «La Bibbia vuole insegnarci a salvarci, non a fare astronomia.» Il gioco di parole (stessa parola, due sensi: prima la meta a cui si va, poi la cosa che si muove) rende la tesi memorabile.

15. Campo semantico del libro: *scritta*, *libro*, *aperto*, *intendere*, *lingua*, *caratteri*, *scritto*, *parola*. La seconda immagine è il «laberinto» oscuro: rappresenta la condizione di chi cerca di conoscere la natura senza la matematica, girando a vuoto senza trovare l'uscita.

16. Imperativi: *riserratevi*, *fate d'aver*, *osservate*, *fate muover*: le istruzioni al lettore-sperimentatore. Congiuntivi esortativi: *siavi*, *sospendasi*: l'allestimento del «laboratorio» (gli oggetti da preparare). Futuri: *si vedranno*, *entreranno*, *dovrete*, *passerete*, *non ricono-*

scerete, *potrete*: la previsione dei risultati. La sintassi riproduce dunque le fasi dell'esperimento: preparazione, esecuzione, osservazione.

17. Solo nel moto rettilineo uniforme i fenomeni avvengono come in quiete. Se la nave accelera, frena o beccheggia, gli oggetti sospesi oscillano, le gocce deviano, chi salta sente una spinta: il moto diventa percepibile. Galileo indica con precisione la condizione di validità della sua legge, come fa ogni enunciato scientifico.

18. Ambiente: «Mi trovai un giorno in casa un medico...»; tensione: «Ed accadde quel giorno, che si andava ricercando...»; dimostrazione: «e mostrando il notomista come...»; pausa: «doppo essere stato alquanto sopra di sé»; battuta finale: «Voi mi avete fatto veder...».

19. Traccia: il filosofo ammette l'evidenza e insieme la nega in nome di un testo; la sua risposta è assurda, e questo basta a screditare il metodo da cui nasce. Galileo non argomenta in astratto contro l'*Ipse dixit*: ne mostra la conseguenza estrema, cioè negare ciò che si vede con i propri occhi. Il lettore trae da solo la conclusione, e il comico rende la confutazione più efficace.

20. Ogni scoperta (zufolo, violino, cardini, bicchiere, insetti, grilli, scacciapensieri) è più sorprendente della precedente e accresce lo stupore, fino al vertice della cicala, che il protagonista non riesce a spiegare. L'avverbio è *generosamente*: ammettere di non sapere diventa un gesto di grandezza d'animo.

21. Non è una contraddizione: Galileo combatte il principio d'autorità nelle questioni naturali, dove contano esperienze e dimostrazioni; nelle questioni di fede e di interpretazione della Scrittura l'autorità della Chiesa è legittima. Citare un cardinale serve a mostrare che la sua distinzione è ortodossa e a togliere agli avversari l'accusa di eresia: è un argomento d'autorità usato in modo mirato, sul terreno dell'interlocutore.

22. La formula di abiura usa ripetizioni e serie di sinonimi (*abiuro, maledico e detesto*; *errori et heresie*; *in voce o in scritto*), tipiche del linguaggio giuridico, che vuole escludere ogni scappatoia; non è scritta da Galileo, che dovette solo leggerla e firmarla. Il passo dei *Discorsi*, di Galileo, è un periodo ampio ma ordinato, con una principale chiara e le ragioni disposte in una coordinata (*e per ... e per ...*): la lunghezza serve alla precisione, non alla ripetizione.

23. Nella fisica aristotelica i corpi celesti sono fatti di etere, materia perfetta e immutabile: la Luna doveva essere liscia e lucida come un acciaio senza macchie. Con il cannocchiale Galileo vide ombre di montagne e cavità: la Luna ha una superficie aspra, «come la faccia della Terra». Cade così la distinzione tra mondo celeste perfetto e mondo terrestre corruttibile (vedi anche *Italiano 3*, cap. 14).

24. Tempo di caduta: $t = \sqrt{(2h/g)} = \sqrt{(2 \cdot 10 / 9{,}8)} \approx 1{,}43$ s. Avanzamento della nave: $s = v \cdot t = 6 \cdot 1{,}43 \approx 8{,}6$ m. Il sasso cade al piede dell'albero, perché conserva la velocità orizzontale della nave (6 m/s) e avanza con essa durante tutta la caduta: per chi sta a bordo cade in verticale, per chi guarda da riva descrive una parabola (Figura 4.4).

25. Secolarizzazione: processo per cui la scienza (e altri ambiti) si rende autonoma dall'autorità religiosa, con metodi propri. La *Lettera* lo mostra perché assegna alla natura e alla Scrittura due ambiti distinti e afferma che nelle questioni naturali si parte dalle esperienze e dalle dimostrazioni. Galileo resta credente: non nega la Scrittura, ne limita l'ambito («come si vadia al cielo»).

26. Ipotesi: i vermi della carne nascono dalle uova delle mosche, non dalla carne che marcisce. Materiali: otto fiaschi di bocca larga; una serpe, pesci di fiume, anguille, carne di vitello. Procedimento: quattro fiaschi chiusi con carta e spago e sigillati, quattro aperti, con gli stessi contenuti. Variabile: l'accesso delle mosche. Risultato: vermi solo nei fiaschi aperti, nessuno in quelli chiusi dopo molti mesi. Conclusione: senza mosche non nascono vermi. Redi non poteva dimostrare che la generazione spontanea non esista in nessun caso (lui stesso la ammetteva per alcuni insetti); per i microrganismi la questione fu risolta da Pasteur nell'Ottocento.

27. Traccia: da **Platone** Galileo riprende il metodo delle domande che portano l'interlocutore a contraddirsi e l'ironia (il filosofo che ammette l'eviden-

za mostrata dal notomista e insieme la rifiuta si smentisce da solo, senza che nessuno debba confutarlo; Simplicio, incalzato da Salviati, si trova spesso nella stessa posizione). Da **Cicerone** riprende la cornice: una conversazione tra gentiluomini colti in una dimora privata (il palazzo di Sagredo a Venezia) e personaggi storici reali, già morti quando il libro esce (Salviati nel 1614, Sagredo nel 1620), come Catone o Scipione nei dialoghi ciceroniani. La differenza: in Platone il dialogo spesso si chiude senza una risposta, mentre in Galileo la conclusione, pur non dichiarata, è chiara (la superiorità del sistema copernicano). Criteri: due modelli ben distinti, un esempio testuale per ciascuno, uso corretto dei termini ironia e cornice.

28. Traccia: 1) contesto (risposta a Sarsi, polemica contro l'autorità); 2) la metafora del libro e la sua novità (non un libro devoto, ma un testo da decifrare con un alfabeto preciso); 3) la matematica come lingua: grandezze, misure, figure, leggi; 4) attualità: la fisica e la matematica studiate in classe sono scritte proprio in quella lingua, che Galileo aveva imparato dalla geometria greca di Euclide e di Archimede. Criteri: comprensione corretta del passo, citazione esatta, collegamento motivato con l'esperienza di studio, correttezza formale.

29. Traccia: personaggi, per esempio una ricercatrice che mostra dati evidenti (un grafico, una misura) e un interlocutore che li rifiuta perché «l'ha detto» una fonte autorevole per lui. Criteri: battute brevi e coerenti con i personaggi; didascalie in corsivo; una battuta finale che riproduca il paradosso del filosofo (ammettere l'evidenza e rifiutarla); assenza di commenti espliciti: deve parlare la scena.

30. Traccia: tesi (il dialogo è un'arma perché permette di mettere in scena l'avversario e la sua sconfitta); argomenti: dà voce alle obiezioni e le confuta (Simplicio); offre al lettore un modello di persuasione (Sagredo); permette registri diversi, dalla dimostrazione all'ironia (il notomista); protegge l'autore, che non afferma in prima persona; obiezione da prevenire: l'avversario è costruito dall'autore, quindi il confronto non è alla pari; risposta: la forza dell'argomento dipende comunque dalla qualità delle prove (la nave). Conclusione coerente. Criteri: tesi chiara, almeno due esempi testuali precisi, un'obiezione discussa, organizzazione in paragrafi.

31. a) Nell'Arsenale di Venezia molti artigiani usano ogni tipo di macchina e, grazie all'esperienza propria e dei predecessori, alcuni sono espertissimi: chi ragiona ha molto da imparare. b) *Specolativi*: inclini alla riflessione teorica; *mecanica*: la meccanica, l'arte delle macchine; *artefici*: artigiani; *peritissimi*: espertissimi. c) Principale: «Largo campo di filosofare a gl'intelletti specolativi parmi che porga la frequente pratica del famoso arsenale» (con l'inciso «ed in particolare in quella parte che mecanica si domanda»; a rigore la reggente è *parmi*, da cui dipende la soggettiva *che porga…*); causale: «atteso che quivi ogni sorte di strumento e di machina vien continuamente posta in opera da numero grande d'artefici».

32. d) Venezia è la città dell'Arsenale, il più grande cantiere d'Europa, e del pubblico colto ma non accademico; il riferimento agli artigiani rovescia la gerarchia tradizionale tra sapere teorico e sapere pratico, che diventa fonte di conoscenza. e) Traccia: scrivere in volgare significa rivolgersi a lettori come gli artefici e i gentiluomini veneziani (Sagredo), non ai professori; il passo mostra lo stesso programma della scelta linguistica: la scienza nasce anche fuori dall'università e deve poter essere letta da chi lavora con le macchine.