

Galileo e la nascita del metodo scientifico moderno

La nascita della scienza moderna: una vera e propria rivoluzione culturale, che ha consentito una dilatazione a dismisura non solo del sapere, ma anche del potere dell'uomo sulla natura.

Lo stesso attuale livello di vita dell'uomo occidentale non sarebbe immaginabile senza tale svolta.

Tra gli artefici di questa svolta, Galilei occupa uno dei posti più importanti.

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. (Galileo)

"... questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi (io dico l'universo)... è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola" (Galileo)

"La natura non opera con molte cose quello che può operare con poche." (Galileo)

Sommario

1/ La vita.....	2
2/ Le opere.....	2
3/ La battaglia per l'affermazione di un nuovo metodo scientifico e di pensiero	3
4/ Una battaglia su due fronti: la Chiesa e gli aristotelici.....	4
5/ Per comprendere il nuovo metodo scientifico introdotto da Galilei è utile conoscere le scoperte alle quali è legato e che andavano contro le concezioni di un'epoca in cui dominava l'aristotelismo	6
6/ Per comprendere il metodo di Galilei è inoltre utile rifarsi a un esempio: osserviamo il modo in cui egli studia il moto accelerato giungendo alla conclusione che la velocità non aumenta in relazione alla massa (come voleva Aristotele) ma che è proporzionale al tempo	7
6.1/ La pars destruens ossia la distruzione della teoria avversaria	7
6.2/ Il rasoio di Occam	8
6.3/ Il rifiuto del finalismo.....	9
6.4/ Il rifiuto delle affermazioni non verificabili	11
6.5/ La verifica deve passare attraverso gli esperimenti.....	12
6.6/ L'importanza della misurazione e della precisione (privilegiare le qualità primarie rispetto a quelle secondarie)	14
7/ In che cosa consiste il metodo di Galilei: "sensate esperienze e necessarie dimostrazioni"	16
8/ Altre caratteristiche del metodo galileiano, che vanno messe in relazione alle sue concezioni filosofiche generali.....	21
9/ L'importanza di Galilei nella storia del pensiero filosofico	22
10/ Galilei nel teatro e nel cinema	23
Bibliografia	24
DOMANDE	25
ANTOLOGIA DI TESTI.....	26
1/ Galilei, La favola dei suoni (da <i>Il Saggiatore</i> , 21)	26
2/ Galilei, La presentazione del cannocchiale al Doge di Venezia (da <i>Memorie e lettere inedite</i>)	28

1/ La vita

- Nel 1564 nasce a Pisa, dove studia e poi insegna matematica. Si trasferisce successivamente a Padova, dove apprezza il sereno rispetto della Repubblica veneta per la libertà di pensiero
- Si trasferisce a Firenze, su invito del granduca Cosimo II
- 1616: viene chiamato a Roma e **ammonito** dal Cardinale Bellarmino del Sant'Uffizio perché ha sostenuto nella *lettera a Cristina di Lorena* la teoria di Copernico e la distinzione tra mondo della teologia e mondo della scienza
- 1623: nonostante l'ammonizione Galilei prosegue i suoi studi e pubblica *Il Saggiatore*, in cui parla di comete ed in cui, in polemica con il gesuita Sarsi, espone importanti considerazioni di carattere metodologico
- 1632: incoraggiato dall'elezione di Urbano VIII, Galilei pubblica il *Dialogo sopra i due massimi sistemi* ricorrendo allo stratagemma di esporre in maniera obiettiva i due grandi sistemi del mondo e di presentare il copernicanesimo come semplice ipotesi matematica non corrispondente alla realtà (nella prefazione scrive: "ho preso nel discorso la parte Copernicana, procedendo in pura ipotesi matematica cercando per ogni strada artificiosa di rappresentarla superiore"). A ciò si aggiungerà anche un cenno nel finale dell'opera al cosiddetto argomento di Urbano VIII, secondo cui Dio potrebbe far sì che tutto sembri a favore di una teoria, ma che essa poi non sia quella vera.

Tali stratagemmi però non risulteranno efficaci perché dalla lettura del *Dialogo* si capirà bene quale sia il reale punto di vista di Galilei; inoltre il papa verrà convinto dagli avversari di Galileo di essere stato raffigurato nel personaggio di Simplicio e si sentirà ridicolizzato.

- 1632: viene chiamato una seconda volta a Roma perché, nonostante l'ammonizione precedente, ha pubblicato il *Dialogo sopra i due massimi sistemi*. Viene processato e condannato al carcere a vita. Lo stesso giorno Galilei pronuncia la sua abiura del copernicanesimo.
- Il carcere a vita viene tramutato nel confino, che si svolgerà in vari luoghi. In uno di questi, Arcetri, vicino a Firenze, Galilei scrive il suo capolavoro scientifico, *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze, attinenti alla meccanica e i movimenti locali*.

2/ Le opere

- **Lettere** (importanti in particolare due: quella *A don Benedetto Castelli*, 1613, e quella *A Madama Cristina di Lorena*, 1615, entrambe sul problema del rapporto scienza-fede).
- **Sidereus nuncius**, ovvero *l'Annuncio stellare*, del 1610, con cui viene data notizia della scoperta dei satelliti di Giove.
- **Il Saggiatore** (1623), sul problema delle comete, scritto in polemica con la *Libra astronomica ac philosophica* del gesuita Sarsi (pseudonimo di Orazio Grassi). Il titolo è metaforico e polemico: Sarsi aveva soppesato e attaccato le idee filosofiche di Galilei circa le comete con la sua "bilancia astronomica", Galileo risponde con il suo "saggiatore", ovvero con una bilancia ancora più precisa, visto che il saggiatore è il bilancino degli orafi; è un'opera di grande importanza per cogliere le novità del metodo scientifico di Galilei. Il *Saggiatore* – potremmo dire in analogia con Cartesio – è il "discorso sul metodo" di Galilei.
- **Dialogo dei due massimi sistemi dell'universo, tolemaico e copernicano** (1632), opera chiave della battaglia per l'affermazione del copernicanesimo.
- **Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze, attinenti alla meccanica e i movimenti locali**. (1638). Le due nuove scienze corrispondono ai due rami dell'odierna meccanica: la statica e la dinamica. Quest'opera, che è il vero capolavoro di Galilei, è concepita sempre come un dialogo fra i tre personaggi del dialogo precedente, e si svolge essa pure in quattro giornate; nelle prime due ha luogo un vero e proprio dialogo, mentre nelle ultime due si immagina che Salviati legga un'opera di Galilei (che non viene esplicitamente citato, ma definito il suo amico Accademico) e che gli altri due inter-

locutori intervengano per chiedere chiarimenti e commentarla. I *Discorsi* vennero composti nel periodo del confino e pubblicati in Olanda.



3/ La battaglia per l'affermazione di un nuovo metodo scientifico e di pensiero

- E' centrale in Galilei, rispetto ad altri dotti, la battaglia per la **libertà della scienza** e per l'**affermazione di un nuovo metodo scientifico**, ovvero di un nuovo modo di affrontare i problemi scientifici, aperto al ragionamento e all'osservazione dei fatti, privo dei pregiudizi che caratterizzavano la cultura della sua epoca. Questo metodo assumerà una portata che andrà ben al di là del campo strettamente scientifico e diventerà un modo nuovo di pensare e di ragionare, in senso generale e non solo nel settore scientifico, costituendo una vera e propria rivoluzione per la cultura e la civiltà occidentali.
- Galilei si rendeva conto della portata innovativa del suo metodo e riteneva decisiva la battaglia per fare in modo che esso si affermasse e diffondesse. Da questo punto di vista, possiamo dire che lo scienziato pisano assume atteggiamenti illuministici *ante litteram* perché – come scrive lo storico e filosofo della scienza Ludovico Geymonat, autore di un volume molto chiaro e documentato sulla vita e l'opera di Galilei – vi è in lui "*un orientamento rivolto a cercare nell'ignoranza la radice ultima di tutti i mali della società e quindi il vero nemico che deve essere combattuto per rendere possibile una vita libera e degna dell'uomo.*" (p. 199).
- In particolare l'illuminismo di Galilei si ravvisa nel valore pedagogico del suo *Dialogo*:
 - sceglie di scrivere **in volgare** anziché in latino perché tutti possano capire e discutere gli argomenti trattati; la scienza non è prerogativa di pochi addetti; più persone vi sono coinvolte, meglio è;
 - scrive un testo in forma di "**dialogo**" (e non di trattato o saggio) perché si capisca che la scienza nasce dallo scambio di opinioni. Nel dialogo discutono e mettono a confronto le proprie posizioni tre personaggi: Simplicio (autentico aristotelico), Salviati e Sagredo (che inclinano in misura diversa per il sistema copernicano)
 - fa di tutto perché **la Chiesa approvi** la pubblicazione del dialogo: solo così esso potrà influire sulla massa di persone che è sotto l'influenza della Chiesa

Schema dei contenuti del Dialogo:

- nella prima giornata si demolisce la distinzione aristotelica fra mondo celeste e mondo terrestre
- nella seconda giornata si confutano gli argomenti tipici contro il moto della terra, che Galilei risolve con il principio di relatività, che anticipa Einstein (es. l'acqua che cade nel vaso collocato sotto coperta nella nave)
- nella terza giornata si esalta la concezione copernicana
- nella quarta si espone la teoria delle maree (errata)

4/ Una battaglia su due fronti: la Chiesa e gli aristotelici

La battaglia di Galilei per l'affermazione del nuovo metodo scientifico si svolge su due fronti:

1) battaglia contro l'autorità religiosa

- in particolare, contro la tesi teologica della verità di ogni affermazione scritturale, Galilei espone nelle lettere copernicane (a Cristina di Lorena e a don Benedetto Castelli) la tesi dei due linguaggi differenti in cui sono scritte la Natura e la Bibbia, entrambe derivanti da Dio e perciò espressione della medesima verità

Stante, dunque, che la Scrittura in molti luoghi è non solamente capace, ma necessariamente bisognosa d'esposizioni diverse dall'apparente significato delle parole, mi par che nelle dispute naturali ella dovrebbe esser 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 de' gli ordini di Dio; ed essendo, di più, convenuto nelle Scritture, per accomodarsi all'intendimento dell'universale, 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 d'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, poi che non ogni detto della Scrittura è legato a obblighi così severi com'ogni effetto di natura.

(G. Galilei, *Lettera a don Benedetto Castelli*, Pisa, 1613)

PARAFRASI – Dato, dunque, che la Sacra Scrittura in molti passi è non solamente suscettibile, ma necessariamente bisognosa d'esposizioni diverse dal significato apparente delle parole, mi sembra che nelle questioni di scienza naturale essa dovrebbe esser lasciata all'ultimo posto. E questo perché, procedendo sempre dalla parola divina sia la Sacra Scrittura sia la natura: la Scrittura come dettatura dello Spirito Santo, e la natura come fedelissima esecutrice, attraverso le sue leggi, degli ordini di Dio; ed essendo poi stato necessario, nelle Scritture, per adattarsi alla comprensione da parte di tutti i fedeli, dire molte cose in modo differente, in apparenza e quanto al significato delle parole, da come esse stanno in realtà; ma, al contrario, essendo la natura inesorabile e immutabile e incurante che le sue leggi e modi d'operare siano o non siano adattati alla capacità di comprensione del volgo, per cui essa non trasgredisce mai le leggi che le sono imposte dal creatore; se ne deduce che le conclusioni cui giungiamo nello studio dei fenomeni naturali mediante l'osservazione dei sensi o attraverso le dimostrazioni razionali, non debbano mai essere messe in dubbio da passi della Scrittura che, in apparenza, avessero un senso diverso, poiché non ogni frase della Scrittura è legata a una severa obbedienza alle leggi di Dio, come invece lo è la natura.

2) battaglia contro l'aristotelismo dominante nella cultura dell'epoca

- stima per Aristotele e disprezzo per gli aristotelici che vivono in un mondo di carta; se Aristotele visse ora, non sarebbe aristotelico, ma accoglierebbe Galilei tra i suoi seguaci:

Io mi rendo sicuro che se Aristotele tornasse al mondo egli riceverebbe me tra i suoi seguaci, in virtù delle mie poche contraddizioni, ma ben concludenti, molto più che moltissimi altri che, per sostenere ogni detto suo detto per vero, vanno esplicando dai suoi testi, concetti che mai non gli sariano caduti in mente. E quando Aristotele vedesse le grandi novità scoperte in cielo dov'egli affermò quello essere inalterabile et immutabile perché niuna alterazione vi si era allora veduta, indubitabilmente egli, mutando opinione, direbbe ora il contrario (Galilei, *Lettera a Fortunio Liceti*, uno scienziato aristotelico).

PARAFRASI – Io sono certo che se Aristotele tornasse al mondo egli mi accoglierebbe tra i suoi seguaci, a causa delle mie poche obiezioni, ma ben argomentate, molto più che moltissimi altri studiosi che, per sostenere come vero ogni suo detto, ricavano dai suoi testi concetti che mai non gli sarebbero venuti in mente. E quando Aristotele vedesse le grandi novità che nel nostro tempo sono state scoperte nel cielo, che egli affermò essere inalterabile e immutabile perché nessuna alterazione vi si era osservata ai suoi tempi, indubitabilmente egli, mutando opinione, direbbe ora il contrario.

- polemica contro il dogmatismo degli aristotelici, contro l'*ipse dixit*. Vedi l'episodio della dissezione del cadavere narrato nel *Dialogo*:

Sagredo. Mi trovai un giorno in casa [di] 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, e per la presenza del quale egli aveva con straordinaria diligenza scoperto e mostrato il tutto, 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".

(dal *Dialogo dei massimi sistemi...*, inizio della *Seconda giornata*)

PARAFRASI – *Sagredo*. Mi trovai un giorno in casa di un medico molto stimato in Venezia, casa in cui alcuni per loro interesse di studio, ed altri per curiosità, si radunavano talvolta per veder qualche dissezione anatomica effettuata da un anatomista veramente dotto, diligente ed esperto. Ed accadde quel giorno che si andava cercando nel corpo dissezionato il luogo d'origine dei nervi, luogo circa il quale è sorta la famosa controversia tra i medici seguaci di Galeno e quelli di Aristotele [se i nervi cioè partano dal cervello oppure dal cuore]; e mostrando l'anatomista come, partendosi dal cervello e passando per la nuca, il grandissimo ceppo dei nervi si andava poi distendendo per la spina dorsale e diramandosi per tutto il corpo, e che solo un filo sottilissimo come il refe arrivava al cuore, rivoltosi ad un gentiluomo che egli conosceva come filosofo aristotelico, e per la presenza del quale egli aveva con straordinaria diligenza scoperto e mostrato il tutto dissezionando il corpo, gli domandò se egli restava ben convinto e sicuro che l'origine dei nervi venisse dal cervello e non dal cuore. Il filosofo aristotelico, dopo essersi a lungo raccolto in pensiero, rispose: "Voi mi avete fatto vedere questa cosa talmente chiara e percepibile direttamente, che se il testo di Aristotele non dicesse il contrario, e cioè non dicesse apertamente che i nervi nascono dal cuore, bisognerebbe per forza riconoscerla per vera".

5/ Per comprendere il nuovo metodo scientifico introdotto da Galilei è utile conoscere le scoperte alle quali è legato e che andavano contro le concezioni di un'epoca in cui dominava l'aristotelismo

Le scoperte di Galilei possono essere raggruppate come segue.

a) scoperte che mettono in crisi **la concezione aristotelica del movimento**:

1. Scoperta dell'isocronismo del pendolo (le oscillazioni si svolgono nello stesso tempo, indipendentemente dalla loro ampiezza)
2. Intuizione teorica del principio d'inerzia (Primo principio della dinamica), che contraddiceva la teoria aristotelica
3. Studio del moto di caduta dei gravi: tutti i corpi cadono nel vuoto con la stessa velocità (piano inclinato)
4. Formulazione del secondo principio della dinamica (ogni variazione di moto è proporzionale all'intensità della forza agente e avviene in direzione di essa: $F=ma$)
5. Principio di relatività galileiano, che anticipa il principio di relatività di Einstein.

b) scoperte che mettono in crisi **la concezione aristotelico-tolemaica dell'universo** (rifiuto del geocentrismo e rifiuto della diversità di struttura tra cielo e terra)

6. Scoperta delle macchie lunari
7. Scoperta delle macchie solari
8. Scoperta dei satelliti di Giove
9. Scoperta delle fasi di Venere (se Venere ha delle fasi, non può trovarsi nella posizione in cui si trova nel sistema tolemaico)
10. Scoperta di altre stelle oltre le stelle fisse

c) Altro

11. Invenzione della bilancia idrostatica (bilancetta) per determinare il peso specifico dei corpi

Va osservato che molte di queste scoperte vengono effettuate grazie all'uso del **cannocchiale** cui Galilei attribuisce valore conoscitivo contro coloro che glielo negano (sostenendo che gli "ordigni meccanici" sono fonti di illusioni ottiche).

→ la grandezza di Galileo non sta nell'aver costruito il cannocchiale ma nell'averlo puntato al cielo

→ tutto ciò dimostra l'importanza del binomio scienza-tecnica; lo scienziato moderno ha sempre accanto a sé un laboratorio in cui costruisce i suoi strumenti e fa i suoi esperimenti.



Il cannocchiale di Galileo (Museo Galileo, Firenze).

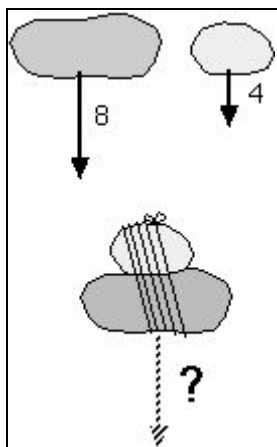
6/ Per comprendere il metodo di Galilei è inoltre utile rifarsi a un esempio: osserviamo il modo in cui egli studia il moto accelerato giungendo alla conclusione che la velocità non aumenta in relazione alla massa (come voleva Aristotele) ma che è proporzionale al tempo

Le ricerche di Galileo sul moto uniformemente accelerato lo condussero alla formulazione della *legge di caduta dei gravi*. Queste ricerche sono un momento fondamentale nella nascita della scienza moderna perché il metodo che Galilei utilizza per studiare questo fenomeno contiene l'essenza di quello che è diventato il metodo tipico della scienza moderna, quello che noi oggi chiamiamo metodo scientifico o metodo sperimentale. Dunque, per illustrare in cosa consiste la novità della scienza moderna rispetto a quella precedente, seguiremo i passi che Galileo compie per studiare il moto uniformemente accelerato.

6.1/ La *pars destruens* ossia la distruzione della teoria avversaria

Circa il moto accelerato esisteva già la teoria di Aristotele che lo riconduceva alla massa e al peso dei corpi: più un corpo è pesante, più accelera nella caduta. Il primo passo della dimostrazione di Galileo, consiste nel distruggere questa concezione aristotelica mostrandone l'infondatezza. A questo scopo egli ricorre al celebre **esperimento mentale** delle due pietre di grandezza differente che cadono legate con un filo, grazie al quale si dimostra che la teoria di Aristotele è infondata e che da essa si possono dedurre conseguenze contraddittorie. Ecco la descrizione dell'esperimento.

Consideriamo due pietre: una grande che cada con 8 gradi di velocità ed una più piccola che cada con 4 gradi di velocità. Se leghiamo la pietra grande con la piccola, la grande sarà ritardata dalla più piccola, che va più lenta, di modo che i gradi di velocità del sistema dovrebbero essere inferiori ad 8. Ma le due pietre congiunte costituiscono una pietra maggiore di quella che va a 8 gradi e dunque, secondo le teorie aristoteliche che fanno dipendere l'accelerazione dalla massa (= quantità di materia), essa dovrebbe avere una velocità superiore a otto gradi. Dunque, seguendo Aristotele, la pietra maggiore (il composto delle due pietre) andrà ad una velocità minore di 8 gradi, rispetto a quella minore che raggiunge da sola gli 8 gradi! Le teorie aristoteliche sul moto – è la conclusione di Galileo – consentono di trarre conclusioni contraddittorie e dunque non sono valide.



Ecco direttamente il testo in cui Galileo espone questi concetti:

Ma se questo è, ed è insieme vero che una pietra grande si muove, per esempio, con otto gradi di velocità, ed una minore con quattro, adunque congiungendole ambedue insieme, il composto di loro si muoverà con velocità minore di otto gradi: ma le due pietre, congiunte insieme, fanno una pietra maggiore che quella prima, che si muoveva con otto gradi di velocità; adunque questa maggiore si muove meno velocemente che la minore; che è contro vostra supposizione.

(da *Discorsi e dimostrazioni...*)

PARAFRASI – Ma se questo è, ed è insieme vero che una pietra grande si muove, per esempio, con otto gradi di velocità, ed una minore con quattro, allora unendole insieme, il loro composto si muoverà con velocità minore di otto gradi [perché la piccola, più lenta, rallenta la più grande]: ma le due pietre, congiunte insieme, costituiscono una pietra maggiore di quella di prima, che si muoveva con otto gradi di velocità; dunque questa pietra maggiore si muove meno velocemente che la minore; che è contro la vostra supposizione.

6.2/ Il rasoio di Occam

Mostrato che la teoria Aristotelica non regge, si passa poi alla ricerca di un'altra spiegazione, che secondo le convinzioni di Galileo va trovata tra quelle più semplici che si possano formulare, senza ricorrere a ipotesi troppo astruse, come invece era nello stile di studiosi che avevano affrontato i problemi del moto nel passato. In effetti, fa osservare Galilei, i fenomeni della natura (il volo degli uccelli, il nuoto dei pesci) avvengono secondo logiche semplici, dettate agli animali dal loro istinto naturale. Perché mai, dunque, nell'interpretare, il moto che accelera naturalmente dovremmo immaginare che la natura abbia seguito una logica differente rispetto a quella che osserviamo negli altri fenomeni?

L'atteggiamento di Galilei è una ripresa del cosiddetto "rasoio di Occam", il principio di semplicità enunciato dal filosofo medievale, che Galilei riformula esattamente così; "**La natura non opera con molte cose quello che può operare con poche**". Si ricordino alcune delle formulazioni tradizionali di questo principio enunciato per la prima volta da Occam:

- "*Inutile fare con più ciò che si può fare con meno*"
- o anche "*A parità di fattori, la spiegazione più semplice tende ad essere quella esatta*".

Il rasoio di Occam, noto anche come legge di parsimonia, legge d'economia o del minimo sforzo, è un principio di cui il filosofo medievale fa un grande uso nelle questioni che studia (questo principio sostiene che bisogna sempre cercare la soluzione più semplice, bisogna evitare di ricorrere a concetti inutili e superflui nelle spiegazioni, ecc.) e che Galilei adotta nella spiegazione dei fenomeni naturali, convinto che essa operi sempre con i mezzi più semplici, con quelli che esigono la minore quantità di energia, ecc.

Vediamo direttamente il passo in cui Galilei adotta il rasoio di Occam nella spiegazione del moto accelerato ipotizzando che la pietra che cade acquisti gradualmente velocità secondo incrementi che "avvengono secondo la più semplice e la più ovvia proporzione":

Le proprietà del moto equabile¹ sono state considerate nel libro precedente: ora dobbiamo trattare del moto accelerato. E in primo luogo conviene investigare e spiegare la definizione che corrisponde esattamente al moto accelerato di cui si serve la natura. Infatti, sebbene sia lecito immaginare arbitrariamente qualche forma di moto e contemplare le proprietà che ne conseguono (così, infatti, coloro che si immaginarono linee spirali o concoidi, originate da certi movimenti, ne hanno lodevolmente dimostrate le proprietà argomentando *ex suppositione*, anche se di tali movimenti non usi la natura), tuttavia, dal momento che la natura si serve di una certa forma di accelerazione nei gravi discendenti, abbiamo stabilito di studiarne le proprietà, posto che la definizione che daremo del nostro moto accelerato abbia a corrispondere con l'essenza del moto naturalmente accelerato. Questa coincidenza crediamo di averla raggiunta finalmente, dopo lunghe riflessioni; soprattutto per il fatto che le pro-

¹ Il moto equabile è il moto uniforme, cioè quello in cui il mobile percorre spazi uguali in tempi uguali.

prietà, da noi successivamente dimostrate [dalla nostra definizione], sembrano esattamente corrispondere e coincidere con ciò che gli esperimenti naturali presentano ai sensi. Infine a studiare il moto naturalmente accelerato siamo stati condotti quasi per mano dall'osservazione della consuetudine e della regola seguite dalla natura medesima in tutte le altre sue opere, nella cui attuazione suole far uso dei mezzi più immediati, più semplici, più facili. Ritengo infatti che non vi sia nessuno, il quale creda che si possa praticare il nuoto o il volo in una maniera più semplice e più facile di quella usata, per istinto naturale, dai pesci e dagli uccelli."

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 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 nel medesimo modo... Possiamo quindi ammettere la seguente definizione del moto di cui tratteremo: *Moto equabilmente, ossia uniformemente accelerato, dico quello che, a partire dalla quiete, in tempi eguali acquista eguali momenti di velocità.*

(da *Discorsi e dimostrazioni...*)

6.3/ Il rifiuto del finalismo

Altra differenza rispetto al metodo degli antichi: a Galileo non interessa trovare la causa finale del fenomeno ma descrivere nel modo più chiaro possibile il suo andamento: **non vuole cercare il perché ma il come.**

Scienza antica e ricerca delle quattro cause – Nell'ottica della scienza antica e medievale, spiegare un fenomeno significava saper fornire una spiegazione profonda del suo essere, della sua essenza, una spiegazione che cioè mostrasse perché il fenomeno avviene, cioè il suo fine nella natura e nei piani del creatore.

Studiare un pianeta ed il suo movimento, ad esempio, significava anche rispondere a domande del tipo: perché ci sono i pianeti nell'universo, a che servono, qual è il loro scopo nei piani del creatore? E così via.

La ricerca del fine era collegata alla visione aristotelica della scienza, consistente nell'individuazione delle quattro cause (formale, materiale, efficiente e finale): un fenomeno risultava spiegato in profondità se si riuscivano a individuare le quattro cause. Ciò valeva sia per i processi artificiali, opera dell'uomo (lo scultore che fa una statua) sia per i processi naturali (es. il moto dei pianeti).

La causa finale – L'individuazione della causa finale si legava a prospettive metafisiche e religiose. Nel sistema tolemaico-aristotelico-cristiano si pensava che ci fossero due mondi, quello terrestre sede del peccato e quello celeste, perfetto. I pianeti erano concepiti come oggetti perfetti, che nella creazione occupavano un posto privilegiato, vicino a Dio, e perciò erano mossi da moto circolare perché il moto circolare è perfetto, e così via. È evidente che tutte queste idee sui piani divini seguiti nella creazione condizionavano l'interpretazione e la spiegazione dei fenomeni. Per lungo tempo ad esempio si pensò che le orbite dei pianeti non potessero che essere circolari e perfette (mentre sappiamo grazie a Keplero che sono ellittiche).

Scienza moderna e abbandono della causa finale – Galileo decide di escludere dalla spiegazione le cause finali e le prospettive religiose e metafisiche. La natura per Galileo – analogamente a quanto già aveva sostenuto il filosofo Bernardino Telesio – va studiata "secondo i propri principi", senza fare riferimento a prospettive esterne, di carattere metafisico. Nell'ottica della scienza moderna, l'astronomia deve studiare solo le leggi meccaniche che regolano il movimento di Giove o di Saturno, senza indagare i piani del creatore. La scienza spiega *come* avvengono i fenomeni e non *perché* avvengono, nel senso che abbiamo appena chiarito.

Tra le quattro cause, Galileo perciò ritiene che sia quella *efficiente* la causa più importante e quella finale vada tralasciata perché implica considerazioni teologiche e metafisiche che la scienza deve trascurare. Accontentiamoci di stabilire che il corpo A (fatto di una certa materia e con una certa forma) si muove perché è

mosso da B (causa efficiente: B può essere una forza, un altro corpo ecc.), secondo una certa legge (espressa attraverso una formula matematica). Il fine per cui esista in natura questa, certa legge che regola il movimento di quel certo corpo, non ci interessa determinarlo. La spiegazione si limita a individuare la legge che regola il movimento, senza spiegare il perché di questa legge, lo scopo che essa occupa nei piani del creatore.

Galilei, in sostanza, assume una posizione precisa e potremmo dire anche più superficiale rispetto alla scienza antica che cercava di penetrare integralmente i segreti della natura: rifiuta il finalismo e l'essenzialismo (la ricerca del senso di un fenomeno e della sua forma o essenza) e cerca di spiegare solo l'andamento dei processi naturali; smette di cercare il perché la natura operi in un certo modo e cerca di descrivere solo come essi avvengono.

Ad es., di fronte al corpo che cade, si accontenta semplicemente di determinare la velocità di quel corpo, la via che percorre, il tempo che impiega, e l'accelerazione della caduta, inquadrando in una legge matematica, senza avventurarsi in complesse spiegazioni di carattere filosofico o religioso del perché questo avvenga. La scienza antica, invece, a queste domande cercava di trovare delle risposte – come si vede nel brano seguente, nel quale Galilei esprime la propria posizione su di essa – e introduceva concetti fantasiosi come **l'avvicinamento al centro** (la pietra cade perché tende a raggiungere il suo luogo naturale, che è al centro del mondo) o **l'orrore del vuoto** (cade perché non c'è nulla che la sostenga) o **la teoria dei vortici** (che si formano intorno alla pietra e la spingono verso il basso).

Sagredo: Da questo discorso mi par che si potrebbe cavare una assai congrua ragione della quistione agitata tra i filosofi, qual sia la causa dell'accelerazione del moto naturale de i gravi...

Salviati: Non mi par tempo opportuno d'entrare al presente nell'investigazione della causa dell'accelerazione del moto naturale, intorno alla quale da varii filosofi varie sentenzie sono state prodotte, riducendola alcuni all'avvicinamento al centro, altri al restar successivamente manco parti del mezo da fendersi, altri a una certa estrusione del mezo ambiente, il quale, nel ricongiungersi a tergo del mobile, lo va premendo e continuamente scacciando; le quali fantasie, con altre appresso, converrebbe andare esaminando e con poco guadagno risolvendo. Per ora basta al nostro Autore² che noi intendiamo che egli vuole investigare e dimostrare alcune passioni di un moto accelerato (qualunque si sia la causa della sua accelerazione)...

*(da *Discorsi e dimostrazioni...*)*

PARAFRASI

Sagredo: Da questo discorso mi sembra che si potrebbe ricavare un'assai opportuna spiegazione circa la questione dibattuta tra i filosofi su quale sia la causa dell'accelerazione del moto naturale dei corpi in caduta...

Salviati: Non mi sembra adesso il momento opportuno di metterci a studiare la causa dell'accelerazione del moto naturale, intorno alla quale molti filosofi hanno prodotto varie teorie, riducendola alcuni all'avvicinamento del corpo che si muove al centro del mondo, altri al restar successivamente vuota l'aria attraversata dal corpo, altri a un certo spostamento dell'aria che, attraversata dal corpo in movimento, viene poi a ricongiungersi dietro di esso (formando un vortice) e fa pressione e lo spinge continuamente; le quali ipotesi fantasiose, insieme ad altre, dovremmo perdere tempo a esaminare senza guadagnare granché nel risolverle. Per ora basta al nostro Autore (= Galileo) che noi intendiamo che egli vuole studiare e dimostrare il comportamento di un moto accelerato (qualunque sia la causa della sua accelerazione)...

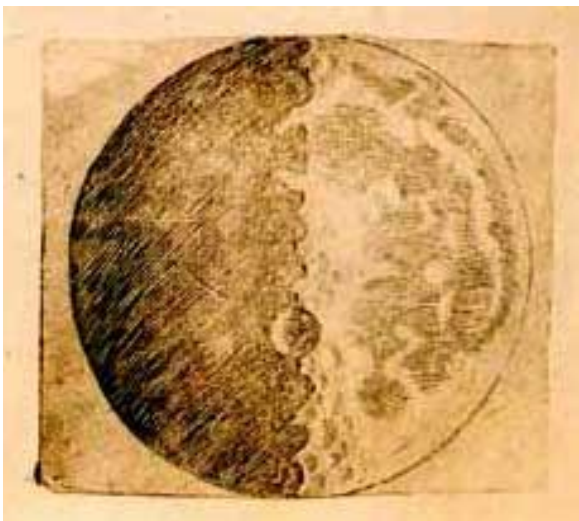
² L'Autore cui si fa riferimento è lo stesso Galilei poiché nei *Discorsi* si ricorre alla finzione letteraria di far leggere a Salviati un dialogo in latino composto dal suo amico Accademico (cioè Galilei). Di tanto in tanto la lettura viene interrotta dagli altri due interlocutori che chiedono chiarimenti.

6.4/ Il rifiuto delle affermazioni non verificabili

Al rifiuto del finalismo (inteso come spiegazione che non può essere verificata scientificamente) possiamo collegare l'idea galileiana che emerge nella disputa con il gesuita padre Clavio dovuta alla presenza di montuosità sulla luna che negavano il presupposto aristotelico della perfezione e sfericità dei corpi celesti (montuosità messe in luce da Galilei attraverso l'osservazione con il cannocchiale della superficie lunare).

A padre Clavio, che – attraverso un'ingegnosa spiegazione – sostiene che in realtà le montuosità e gli avvallamenti ci sono, ma non compromettono la perfezione della superficie lunare perché questa è ricoperta di una sostanza cristallina, che noi non possiamo vedere, ma che la rende perfettamente liscia e levigata (un po' come una biglia di vetro), Galilei risponde così: "veramente l'immaginazione è bella... solo gli manca il non esser né dimostrata né dimostrabile"³. Si tratta cioè – dice Galilei – di una bella ipotesi, cui manca però la possibilità di essere dimostrata, dato che nessuno può andare sulla luna a verificare come stanno le cose! Perciò, quest'ipotesi – che di per sé potrebbe anche essere vera – non può però essere introdotta e utilizzata nel dibattito scientifico perché non è possibile sottoporla ad alcuna verifica.

Nella risposta di Galilei a padre Clavio si può vedere un'anticipazione della formulazione del **principio di verifica** (elaborato da quell'insieme di scienziati e filosofi che si raccolsero nel Circolo di Vienna, nella prima metà del '900; il principio venne poi ripreso e criticato dal filosofo Popper con la sua teoria del **principio di falsificazione**), secondo il quale un'affermazione è scientifica solo se di fatto, o almeno in linea di principio, è verificabile; un'affermazione né dimostrata né dimostrabile non ha alcun diritto di cittadinanza nella scienza.



A sinistra, disegno di Galilei che riproduce le zone montuose della superficie lunare, dopo averle osservate con il cannocchiale.

A destra, l'immagine di una biglia che richiama la soluzione immaginata da Padre Clavio per risolvere il problema delle montuosità della superficie lunare sollevato da Galilei.

³ La risposta di Galileo è riportata in: GEYMONAT, p. 69-70.

6.5/ La verifica deve passare attraverso gli esperimenti

Non basta intuire e formulare ipotesi ma occorre dimostrare e per dimostrare ci vogliono strumenti precisi e inattaccabili (e qui si inserisce l'uso della matematica). Dopo aver intuito che i gravi cadono con la stessa velocità indipendentemente dal peso (cfr. episodio del lancio delle palle dalla torre di Pisa, vero o falso che sia; l'idea di Galileo sarà confermata da un esperimento fatto sulla luna nel 1971)⁴, Galileo non si limita ad affermare che corpi di peso diverso cadono nel vuoto con la stessa velocità, ma cerca anche di offrirne **una descrizione e dimostrazione rigorosa** che non sia basata su semplici impressioni e supposizioni.

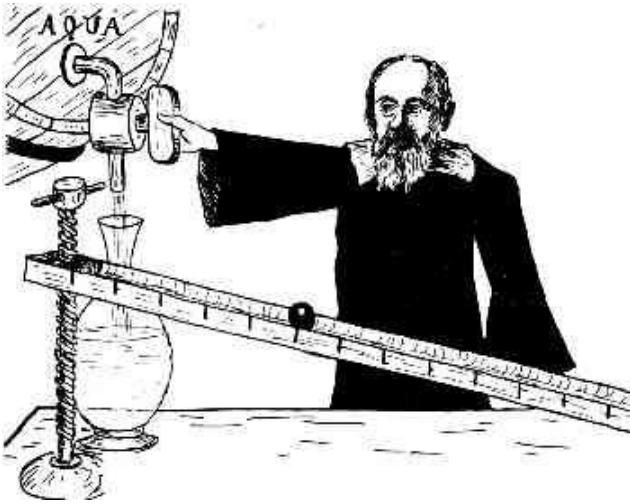
In effetti, basandosi solo sulle proprie impressioni, ci si potrebbe sbagliare: chi ci garantisce che sia effettivamente trascorso un certo tempo nell'osservazione di un certo fenomeno, ad esempio 30 secondi, e che invece non ne siano trascorsi effettivamente 60? Accade spesso, come tutti sanno, che le nostre sensazioni ci ingannino e ci inducano in errore. Per evitare questo inconveniente, Galileo decide di far ricorso a delle misurazioni esatte, con strumenti di misura oggettivi (orologi, ecc.), che eliminino tutta l'incertezza delle sensazioni soggettive e ci consentano con esattezza di determinare le caratteristiche del moto di caduta dei gravi. Vediamo come procede per effettuare queste misurazioni esatte nel caso del moto.

Anzitutto, Galileo osserva che il moto di caduta libera (cioè in senso verticale, dall'alto verso il basso) è troppo veloce per poterne osservare i particolari. Egli perciò ricorre all'artificio di rallentare la velocità di caduta di una pallina facendola rotolare lungo **un piano inclinato** e osservandone l'andamento. Immaginando poi di ruotare il piano fino a fargli assumere una posizione ad angolo retto, si sarebbero potute dedurre delle osservazioni valide per i gravi in caduta libera, cioè verticale, dall'alto in basso. Dei campanelli collocati a distanze differenti lungo il piano inclinato servono a segnalare il momento del passaggio della pallina e a controllare il tempo che essa impiega a percorrerli utilizzando un ingegnoso **orologio ad acqua** inventato da Galilei.

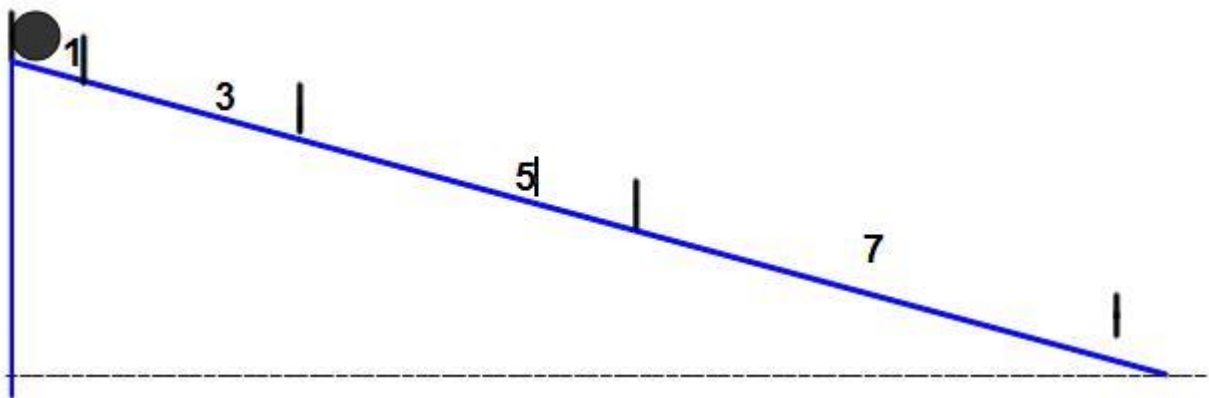
In effetti, oltre alla difficoltà di osservare il moto di caduta, che viene risolto con il piano inclinato, si poneva un'altra difficoltà: come misurare il tempo impiegato dalla pallina a percorrere i vari intervalli di spazio del piano inclinato? L'orologio inventato da Galilei consisteva in un secchio con un foro dal quale usciva l'acqua mentre la palla rotolava. L'acqua fuoriuscita durante gli intervalli del rotolamento, veniva raccolta in un contenitore e poi misurata con una bilancia esattissima: ad una maggiore quantità d'acqua pesata corrispondeva un intervallo di tempo maggiore, ad una quantità minore un tempo minore.

In conclusione, le misurazioni condurranno alla formulazione della legge secondo cui la velocità è proporzionale al tempo: aumenta cioè di grandezze uguali per ogni unità di tempo (**"gli spazii passati esser tra loro come i quadrati de i tempi"**).

⁴ Nel 1971, l'astronauta americano David Scott decise di condurre, durante la missione Apollo 15 sulla Luna, la quarta che raggiunse il satellite, il celebre esperimento di Galileo sull'accelerazione gravitazionale. Secondo Galileo, due corpi di peso diverso cadono con la stessa accelerazione; il peso non influisce sull'accelerazione. Ciò che ci induce a pensare che il peso influisca sull'accelerazione è il fatto che esso in realtà influisce sulla resistenza dell'aria: una piuma, ad esempio, cade meno velocemente di un martello perché è leggera e viene ostacolata nella caduta dalla resistenza dell'aria. Scott fece cadere una piuma e un martello simultaneamente sulla superficie lunare. L'assenza d'aria mostrò che i due corpi cadono alla stessa velocità. Ecco il video su Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=xF8hEUKjauY> (2 agosto 1971, missione Apollo 15: l'astronauta David Scott effettua l'esperimento della caduta della piuma e del martello).



Nel disegno, la ricostruzione dell'orologio ad acqua inventato da Galilei. Accanto, il piano inclinato costruito da Galilei (dal Museo Galileo di Firenze).



Galileo scopre che gli spazi percorsi dalla pallina nella stessa unità di tempo (misurata con l'orologio ad acqua) sono sempre più lunghi e corrispondono alla serie dei numeri dispari: nel primo intervallo, la pallina percorre lo spazio 1; nel secondo intervallo, nella stessa unità di tempo, lo spazio è di 3 volte più lungo; nel terzo intervallo è di 5 volte più lungo... La conclusione è che l'accelerazione è descrivibile con una formula matematica, in base alla quale "gli spazi percorsi stanno tra loro come i quadrati dei tempi".⁵

La formula è la seguente (s = spazio; a = accelerazione; t = tempo):

$$s = \frac{1}{2}at^2$$

Ecco il passo che descrive il piano inclinato:

In un regolo, o vogliàn dir corrente, di legno, lungo circa 12 braccia, e largo per un verso mezo braccio e per l'altro 3 dita, si era in questa minor larghezza incavato un canaletto, poco più largo d'un dito; tiratolo drittissimo, e, per averlo ben pulito e liscio, incollatovi dentro una carta pecora zannata e lustrata al possibile, si faceva in esso scendere una palla di bronzo durissimo, ben rotondata e pulita; costituito che si era il detto regolo pendente, elevando sopra il piano orizzontale una delle sue estremità un braccio o due ad arbitrio, si lasciava (come dico) scendere per il detto canale la palla, notando, nel modo che appresso dirò, il tempo che consumava nello scorrerlo tutto, replicando il medesimo atto molte volte per assicurarsi bene della quantità del tempo, nel quale non si trovava mai diffe-

⁵ Tratto da: http://www.giovaniperlascienza.it/site/?page_id=401

renza né anco della decima parte d'una battuta di polso. Fatta e stabilita precisamente tale operazione, facemmo scender la medesima palla solamente per la quarta parte della lunghezza di esso canale; e misurato il tempo della sua scesa, si trovava sempre puntualissimamente esser la metà dell'altro: e facendo poi l'esperienze di altre parti, esaminando ora il tempo di tutta la lunghezza col tempo della metà, o con quello delli duo terzi o de i $3/4$, o in conclusione con qualunque altra divisione, per esperienze ben cento volte replicate sempre s'incontrava, gli spazii passati esser tra di loro come i quadrati de i tempi, e questo in tutte le inclinazioni del piano...

(da *Discorsi e dimostrazioni...*)

PARAFRASI – In un'asticciola di legno un po' schiacciata, a sezione rettangolare, lunga circa 12 braccia, e larga per un lato mezzo braccio e per l'altro 3 dita, si era, nella parte di larghezza minore, incavato un canaletto, poco più largo d'un dito. Il canaletto era stato tirato drittissimo, e, dopo averlo ben pulito e lisciato, si era incollato al suo interno una cartapeccora levigata e lustrata al meglio, per far scendere in esso una palla di bronzo durissimo, ben arrotondata e pulita. Creato questa asta pendente, elevando sopra il piano orizzontale una delle sue estremità un braccio o due a piacere, si lasciava (come dico) scendere per il detto canale la palla, annotando, nel modo che dopo dirò, il tempo che impiegava nel percorrerlo tutto, ripetendo questa stessa operazione molte volte per assicurarsi bene della quantità del tempo, nel quale non si trovava mai differenza neanche della decima parte d'una battuta di polso. Fatta e stabilita precisamente tale operazione, facemmo scender la medesima palla solamente per la quarta parte della lunghezza di tale canale; e misurato il tempo della sua discesa, si trovava sempre puntualissimamente esser la metà dell'altro: e facendo poi le esperienze di altre parti, esaminando ora il tempo di tutta la lunghezza col tempo della metà, o con quello delli duo terzi o de i $3/4$, o in conclusione con qualunque altra divisione, per esperienze ben cento volte ripetute sempre si trovava che gli spazii percorsi erano tra di loro come i quadrati dei tempi, e questo in tutte le inclinazioni del piano...

Ed ecco il brano sulle difficoltà incontrate nella misurazione del fenomeno (l'espedito dell'orologio ad acqua):

Quanto poi alla misura del tempo, si teneva una gran secchia piena d'acqua, attaccata in alto, la quale per un sottil cannellino, saldatogli nel fondo, versava un sottil filo d'acqua, che s'andava ricevendo con un piccol bicchiere per tutto 'l tempo che la palla scendeva nel canale e nelle sue parti: le particelle poi dell'acqua, in tal guisa raccolte, s'andavano di volta in volta con esattissima bilancia pesando, dandoci le differenze e proporzioni de i pesi loro le differenze e proporzioni de i tempi; e questo con tal giustizia, che, come ho detto, tali operazioni, molte e molte volte replicate, già mai non differivano d'un notabil momento.

(da *Discorsi e dimostrazioni...*)

PARAFRASI – Quanto poi alla misura del tempo, si teneva un gran secchio pieno d'acqua, attaccato in alto, il quale per un sottile tubicino, saldatogli sul fondo, versava un sottile filo d'acqua, che veniva raccolto con un piccolo bicchiere per tutto il tempo che la palla scendeva nel canale e nelle sue parti: poi le quantità dell'acqua, in tal modo raccolte, si andavano di volta in volta pesando con una bilancia precisissima, dandoci le differenze e proporzioni dei loro pesi le differenze e proporzioni dei tempi; e questo con tale precisione, che, come ho detto, tali operazioni, molte e molte volte ripetute, mai presentavano differenze importanti.

6.6./ L'importanza della misurazione e della precisione (privilegiare le qualità primarie rispetto a quelle secondarie)

Il ricorso a strumenti di misurazione precisi, ci porta a sottolineare l'importanza del rigore nell'osservazione dei fenomeni. Evidentemente – come abbiamo già osservato – esso non può essere ottenuto attenendosi a impressioni e sensazioni soggettive, ma bisogna rifarsi a elementi oggettivi e misurabili (es. di due persone che entrano in acqua: una dice che è fredda, l'altra che è calda; chi ha ragione? Non si esce dalla disputa se

non ricorrendo a un termometro che trasforma le sensazioni soggettive di caldo e freddo in temperatura misurabile attraverso una scala numerica).

Di qui la scelta di Galileo di privilegiare gli aspetti quantitativi e misurabili rispetto a quelli qualitativi. → ripresa della distinzione democritea tra qualità primarie e secondarie; le prime sono oggettive e dunque uguali per tutti e misurabili, le seconde invece dipendono solo dal soggetto senziente e come tali non si prestano ad essere utilizzate come criterio che metta tutti d'accordo (es. galileiano del solletico, che risiede nel soggetto e non nella mano che solleticando il corpo lo provoca; questo esempio ricorda quello democriteo del miele, che è dolce perché i suoi atomi sono tondi e "accarezzano" le papille invece di sfregarle provocando una sensazione piacevole; il miele non è dolce in sé, ma solo in relazione ad un soggetto che lo sente tale):

Per tanto 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 di quella figura, ch'ella in relazione ad altre è grande o piccola, ch'ella è in questo o quel luogo, in questo o quel tempo, ch'ella si muove o sta ferma, ch'ella tocca o non tocca un altro corpo, ch'ella è una, poche o molte, nè 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 ci fossero scorta, forse il discorso o l'immaginazione in se stessa non v'arriverebbe già mai.

Per lo che vo io pensando che questi sapori, odori, colori, etc., per la parte del soggetto nel quale ci par che riseggano, non sieno altro che puri nomi, ma tengano solamente lor residenza nel corpo sensitivo, sí che rimosso l'animale, sieno levate ed annichilate tutte queste qualità; tuttavolta però che noi, sí come gli abbiamo imposti nomi particolari e differenti da quelli de gli altri primi e reali accidenti, volessimo credere ch'esse ancora fossero veramente e realmente da quelli diverse.

Io credo che con qualche essemplio piú chiaramente spiegherò il mio concetto. Io vo movendo una mano ora sopra una statua di marmo, ora sopra un uomo vivo. Quanto all'azione che vien dalla mano, rispetto ad essa mano è la medesima sopra l'uno e l'altro soggetto, ch'è di quei primi accidenti, cioè moto e tocco, né per gli altri nomi da noi chiamata: ma il corpo animato, che riceve tali operazioni, sente diverse affezioni secondo che in diverse parti vien tocco; e venendo toccato, verbigrazia, sotto le piante de' piedi, sopra le ginocchia o sotto l'ascelle, sente, oltre al comun tocco, un'altra affezione, alla quale noi abbiamo imposto un nome particolare, chiamandola solletico: la quale affezione è tutta nostra, e non punto della mano; e parmi che gravemente errerebbe chi volesse dire, la mano, oltre al moto ed al tocco, avere in sé un'altra facoltà diversa da queste, cioè il solleticare, sí che il solletico fusse un accidente che risiedesse in lei. Un poco di carta o una penna, leggiermente fregata sopra qualsivoglia parte del corpo nostro, fa, quanto a sé, per tutto la medesima operazione, ch'è muoversi e toccare; ma in noi, toccando tra gli occhi, il naso, e sotto le narici, eccita una titillazione quasi intollerabile, ed in altra parte a pena si fa sentire. Or quella titillazione è tutta di noi, e non della penna, e rimosso il corpo animato e sensitivo, ella non è altro che un puro nome. Ora, di simile e non maggiore essistenza credo io che possano esser molte qualità che vengono attribuite a i corpi naturali, come sapori, odori, colori ed altre.

(da *Il Saggiatore*)

PARAFRASI – Pertanto io dico che mi sento costretto, non appena concepisco una materia o sostanza corporea, a concepire insieme che essa ha certi contorni e ha la forma di questa o di quella figura, che essa in relazione ad altre è grande o piccola, che si trova in questo o quel luogo, in questo o quel tempo, che si muove o sta ferma, che tocca o non tocca un altro corpo, che è una, poche o molte, né per alcuna immaginazione posso separarla da queste condizioni; ma che essa debba essere bianca o rossa, amara o dolce, sonora o muta, di odore piacevole o spiacevole, non sento farmi forza alla mente di doverla pensare necessariamente accompagnata da tali condizioni: anzi, se i sensi non ci venissero in aiuto, forse il ragionamento o l'immaginazione in se stessa non ci arriverebbero mai [a pensarla dotata di queste caratteristiche].

Perciò io vado pensando che questi sapori, odori, colori, ecc., relativamente al soggetto nel quale ci sembra che risiedano, non siano altro che puri nomi, e risiedano solamente nel corpo che li sente, cosicché, una volta che sia stato rimosso il soggetto che le sente, vengano pure tolte ed annullate tutte queste qualità; anche se noi, avendo imposto ad esse dei nomi particolari e differenti da quelli delle altre caratteristiche primarie e reali degli oggetti, volessimo credere tuttavia che siano veramente e realmente differenti da esse.

Io credo che con qualche esempio più chiaramente spiegherò il mio pensiero. Io vado muovendo una mano ora sopra una statua di marmo, ora sopra un uomo vivo. Quanto all'azione che vien dalla mano, rispetto alla mano stessa è la medesima sopra l'uno e l'altro soggetto, che è del tipo di quei primi accidenti, cioè moto e tocco, né con altri nomi da noi chiamata [l'azione che fa la mano è sempre dello stesso tipo – cioè muoversi e toccare – sia che questa azione venga fatta sulla statua che sul corpo animato]: ma il corpo animato, che riceve tali operazioni, sente diverse affezioni secondo che in diverse parti viene toccato; e venendo toccato, per esempio, sotto le piante dei piedi, sopra le ginocchia o sotto le ascelle, sente, oltre al comune tocco, un'altra affezione, alla quale noi abbiamo imposto un nome particolare, chiamandola solletico: la quale affezione è tutta nostra, e niente affatto della mano; e mi sembra che sbaglierebbe di molto chi volesse dire che la mano, oltre al moto ed al tocco, abbia in sé un'altra facoltà diversa da queste, cioè il solleticare, di modo che il solletico fosse un accidente che risedesse in lei. Un poco di carta o una penna, leggermente fregata sopra qualsivoglia parte del corpo nostro, fa, quanto a sé, per tutto la medesima operazione, che è muoversi e toccare; ma in noi, toccando tra gli occhi, il naso, e sotto le narici, eccita un solletico quasi intollerabile, ed in altra parte a pena si fa sentire. Ora, quel solletico è tutto nostro, e non della penna, e rimosso il corpo animato e sensitivo, essa non è altro che un puro nome. Ora, di simile e non maggiore esistenza credo io che possano esser molte qualità che vengono attribuite ai corpi naturali, come sapori, odori, colori ed altre.

Qualità primarie di un oggetto	Qualità secondarie
<ul style="list-style-type: none"> • contorni, forma e figura • essere grande o piccolo in relazione ad altri oggetti • trovarsi in questo o quel luogo • trovarsi in questo o quel tempo • muoversi o stare fermo • toccare o non toccare un altro corpo • essere uno, essere pochi o molti 	<ul style="list-style-type: none"> • essere bianco o rosso • amaro o dolce • sonoro o muto • di odore piacevole o spiacevole
<p>Sono oggettive cioè sono possedute dall'oggetto ed esisterebbero anche se non ci fosse un soggetto che le percepisce.</p> <p>Sono e misurabili (si può misurare la lunghezza di un oggetto, la sua distanza da un altro, il numero di oggetti presenti l'uno accanto all'altro, ecc.)</p>	<p>Sono soggettive cioè non appartengono all'oggetto, ma esistono solo se c'è un soggetto che le percepisce.</p> <p>Non sono misurabili.</p>

7/ In che cosa consiste il metodo di Galilei: “sensate esperienze e necessarie dimostrazioni”

Giunti a questo punto, prendendo come punto di riferimento l'esempio dello studio del moto uniformemente accelerato appena illustrato, possiamo cercare di riassumere e descrivere più precisamente in che cosa consisteva il metodo galileiano, che è poi diventato sinonimo di metodo scientifico o metodo sperimentale.

Si tratta di un metodo che consta essenzialmente di due momenti: un momento osservativo-induttivo ed un momento ipotetico-deduttivo (questi due momenti non vanno visti in una relazione strettamente cronologica, cioè uno dopo l'altro, ma dialettica, cioè in una relazione di coesistenza, intreccio e influenza reciproca). Galilei lo condensa in una frase che scrive più volte nelle sue lettere (**“sensate esperienze e necessarie dimostrazioni”** ovvero **“esperienze fatte con i sensi e dimostrazioni matematiche”**), frase che è poi diventata l'emblema del suo metodo:

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.

(Galilei, *Lettera a Madama Cristina di Lorena*, 1615)

PARAFRASI – Mi pare che nelle dispute di scienza naturale non si dovrebbe cominciare dall'autorità dei passi delle Sacre Scritture, ma dalle osservazioni fatte con i sensi e dalle dimostrazioni razionali.

Pare che quello degli effetti naturali che la sensata esperienza ci pone dinanzi agli 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 sembante

(Galilei, *Lettera a don Benedetto Castelli*, Pisa, 1613)

PARAFRASI – Se ne deduce che le conclusioni cui giungiamo nello studio dei fenomeni naturali mediante l'osservazione dei sensi o attraverso le dimostrazioni razionali, non debbano mai essere messe in dubbio da passi della Scrittura che, in apparenza, avessero un senso diverso...

Le "necessarie dimostrazioni" sono quelle della geometria e più in generale della matematica, mentre "le sensate esperienze" sono le esperienze dei nostri sensi, e anche quelle che facciamo in laboratorio con gli esperimenti.

a) **Necessarie dimostrazioni.** Vi è secondo Galilei un accordo generale tra la natura e la matematica, la natura cioè ha una struttura matematica che ci permette di effettuare dimostrazioni necessarie, cioè certe, circa il suo andamento ("necessità" va intesa come **certezza matematica**, razionale: come quando si dice "è necessario che in un triangolo la somma degli angoli è di 180° : è certo, è così, ci arriviamo per via di dimostrazioni, e non può essere diversamente).

E', questa, una assunzione metodologica fondamentale da parte di Galilei; assunzione che si presenta – scrive il filosofo E. Cassirer – come "una convinzione soggettiva, anteriore ad ogni convinzione filosofica". O meglio: si possono citare come fonti di tale posizione i Pitagorici o Platone, ma quello che resta indubbio è che si tratta di una convinzione opinabile, che Galileo assume programmaticamente per le sue ricerche e che funziona, cioè gli consente di scoprire molti fenomeni. Tuttavia, non è un'assunzione perfettamente dimostrabile e fondata, tanto è vero che ancora oggi si discute se la matematica sia davvero la struttura di cui è fatto il mondo fisico o se sia soltanto uno strumento che si è rivelato semplicemente più comodo di altri per descriverne i fenomeni, senza che però essa abbia una reale radice nella struttura delle cose. Quanto a quest'ultima posizione, si ricordi l'affermazione del matematico e filosofo Henri Poincaré (1854-1912): "La geometria non è vera: è comoda".

E' chiaro invece che Galileo assume una posizione realistica: per lui la matematica non è solo un espediente o uno strumento per studiare la natura, ma costituisce la struttura stessa del mondo, che è regolato da leggi matematiche.

Secondo Galileo, dunque, se si vuole studiare e capire il mondo, bisogna usare la matematica. Ecco il brano famosissimo del *Saggiatore* in cui egli esprime questo concetto:

La filosofia [= la *philosophia naturalis*, cioè la Fisica] 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, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto.

(da *Il Saggiatore*)

PARAFRASI – La fisica è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto davanti agli occhi (cioè l'universo), ma non si può comprendere se prima non si impara la lingua e i caratteri in cui è scritto. Il gran libro dell'universo è scritto in lingua matematica, e i caratteri sono triangoli, cerchi ed altre

figure geometriche, senza conoscere i quali è impossibile intenderne parola da parte dell'uomo. Senza conoscerli è come aggirarsi vanamente in un oscuro labirinto.

Di qui l'impiego della matematica nello studio della natura. La natura ha dentro di sé delle leggi; queste leggi hanno carattere matematico e perciò lo scienziato che vuole scoprirle deve cominciare a ipotizzare quale sia la legge che governa un certo fenomeno, cioè cercare di cogliere le relazioni matematiche tra le grandezze implicate (ad es., suppone che il moto abbia un carattere uniformemente accelerato e perciò segua una certa legge matematica, che lega tra loro il tempo t , la velocità v e lo spazio, s) e ne deriva tutte le implicazioni e le conseguenze sottoponendole al vaglio dei fatti e dell'esperienza per verificarne la validità. E qui entriamo nel secondo momento del metodo galileiano: le sensate esperienze.

b) Sensate esperienze. Le esperienze utilizzate per verificare le ipotesi matematiche consistono nell'osservare i fatti e nel controllare *direttamente* le cose di cui si parla, evitando, come facevano gli aristotelici, di sottrarsi al confronto con la realtà e senza rifarsi a testimonianze altrui. Si veda ad esempio l'episodio della dissezione anatomica e della disputa circa l'origine delle terminazioni nervose: l'aristotelico si limita a ripetere ciò che ha detto Aristotele, senza dare importanza all'osservazione con i propri occhi.

L'importanza dell'osservazione diretta Galilei la ribadisce in tanti punti delle sue opere e in particolare in un passo di un suo testo in cui entra in polemica con il gesuita Sarsi, circa la spiegazione delle comete. Sarsi pensava che si trattasse di corpi celesti; Galileo, in assenza di prove certe, rifiutava questa spiegazione e pensava fossero apparenze dovute ai raggi solari.

Nella discussione, per argomentare la sua posizione, Sarsi ad esempio, sosteneva che i corpi si scaldano per attrito con l'aria (cosa peraltro corretta, come accade con le meteore, che arrivano a incendiarsi)⁶, ma per dimostrarlo si rifaceva a esperienze riferite da altri ovvero a testimonianze passate: si tramanda infatti che gli antichi Babilonesi cuocevano le uova facendole roteare velocemente con una fionda. Galilei ribadisce invece che le esperienze devono essere dirette, non basate sul sentito dire o sulle testimonianze.

Io non posso non ritornare a meravigliarmi, che pur il Sarsi voglia persistere a provarmi per via di testimonii quello ch'io posso ad ogn'ora veder per via d'esperienze. S'essaminano i testimonii nelle cose dubbie, passate e non permanenti, e non in quelle che sono in fatto e presenti; e così è necessario che il giudice cerchi per via di testimonii sapere se è vero che ier notte Pietro ferisse Giovanni, e non se Giovanni sia ferito, potendo vederlo tuttavia e farne il *visu reperto*⁷.

(da *Il Saggiatore*)

PARAFRASI – Io non posso non tornare a meravigliarmi del fatto che il Sarsi [= lo studioso con il quale Galileo entra in polemica circa lo studio delle comete] voglia continuare a provarmi attraverso delle testimonianze quello di cui io posso in ogni momento fare esperienza diretta. Si usino le testimonianze nelle cose dubbie, passate e non durevoli, e non in quelle che sono effettive e presenti; e così è necessario che il giudice cerchi per via di testimonianze di accertare se è vero che ieri notte Pietro abbia ferito Giovanni, ma non se Giovanni sia ora effettivamente ferito, potendo questo tuttora vederlo e verificarlo direttamente.

Va però precisato che l'esperienza utilizzata per la verifica delle ipotesi ha le seguenti caratteristiche:

- 1) Anzitutto, non si tratta dell'esperienza immediata, ovvia, cioè del senso comune (cui Aristotele faceva ampiamente ricorso), ma di un'esperienza **potenziata** (es., uso di strumenti come il cannocchiale),

⁶ Va qui sottolineato che tutta la disputa con Sarsi ha soprattutto un valore metodologico, perché nel merito della questione affrontata, cioè la natura delle comete, è emerso successivamente che aveva più ragione Sarsi che Galileo. Ciò non toglie nulla al valore delle osservazioni di Galileo. Sarsi infatti, *pur sostenendo una teoria giusta, lo faceva con argomentazioni scorrette* e questo le rendeva inaccettabili agli occhi di Galilei. Ciò che emerge dalle critiche di Galileo è un importante principio metodologico: quando si ha a che fare con teorie differenti, e non si sa quale sia quella corretta, vanno rigettate le teorie che sono argomentate in modo sbagliato. Ciò richiama le stesse preoccupazioni metodologiche che emergono nella discussione tra Galileo e Padre Clavio circa l'imperfezione della superficie lunare. Nella scienza hanno diritto di cittadinanza solo affermazioni che hanno certe caratteristiche (verificabilità, provenienza da fonti dirette, ecc.).

⁷ "farne il *visu reperto*" significa "verificarlo direttamente".

problematizzata e sottoposta alla sollecitazione di **esperimenti** e interrogazioni che la costringono a rivelare la natura delle cose osservate. E' un'esperienza per niente banale, ma intrisa di teoria perché è l'intelletto che inventa e predispone l'esperimento in funzione dell'ipotesi da verificare e ne segue lo sviluppo, utilizzando e ideando gli strumenti tecnici di controllo.

- 2) E' inoltre un'esperienza **prolungata e sistematica**, non casuale e discontinua, in modo che emergano delle regolarità certe nell'osservazione dei fenomeni.
- 3) Infine, si tratta di un'esperienza che talvolta avviene **solo a livello mentale**. E' il caso di alcuni **esperimenti mentali** cui Galilei ricorre nelle sue ricerche. Questi esperimenti, se non possono essere direttamente effettuati, possono però avere una verifica indiretta nelle loro conseguenze e contribuiscono comunque a scoprire le leggi che governano la natura e che valgono in tutti i casi, non solo per quelli immaginati dallo scienziato per i suoi scopi di ricerca.

Come esempio di esperimento mentale si pensi a quello delle due pietre di diversa grandezza che cadono legate insieme. Oppure si pensi all'intuizione galileiana del **principio d'inerzia** (intuizione cui lo scienziato pisano era giunto prima che questo principio fosse chiaramente formulato da Newton) che avviene appunto tramite un esperimento mentale. E cioè attraverso l'immaginazione di cosa accadrebbe ad una pallina che potesse rotolare su un piano perfettamente liscio e levigato, facendo astrazione da tutti gli ostacoli esterni e accidentali che possono impedire di avere esperienza di questo fatto nella realtà quotidiana ("una palla perfettissimamente rotonda, e un piano esquisitamente pulito, per rimuovere tutti gli impedimenti esterni e, accidentarii", cioè "una palla perfettamente rotonda, e un piano assolutamente pulito, in modo da rimuovere tutti gli ostacoli, esterni e casuali, al rotolamento"): essa - sostiene Galileo - si muoverebbe all'infinito conservando il proprio movimento.

E' ovvio, infatti, che non possiamo fare l'esperienza di una pallina che rotola all'infinito, su un piano perfettamente liscio e che sia fatta di una materia che non si consuma e dura all'infinito. Ma anche solo immaginando questa situazione - rimuovendo cioè tutte le circostanze che nella realtà non possiamo mai verificare, effettuando perciò un esperimento mentale -, possiamo trarne delle conclusioni sul modo in cui avviene il movimento e ricavarne il principio d'inerzia e cioè che ogni corpo tende a conservare il suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme a meno che una forza non intervenga a modificare il suo stato.

Salviati. ...Nel piano inclinato il mobile grave spontaneamente scende e va continuamente accelerandosi... Ora ditemi quel che accaderebbe del medesimo mobile sopra una superficie che non fusse né acclive né declive.

Simplicio. ... Non vi essendo declività, non vi può essere inclinazione naturale al moto, e non vi essendo acclività, non vi può esser resistenza all'esser mosso, talché verrebbe ad essere indifferente tra la propensione e la resistenza al moto: parmi dunque che e' dovrebbe restarvi naturalmente fermo. [...]

Salviati. ...ma se gli fusse dato impeto verso qualche parte, che seguirebbe?

Simplicio. Seguirebbe il muoversi verso quella parte.

Salviati. Ma di che sorte di movimento? di continuamente accelerato, come ne' piani declivi, o di successivamente ritardato, come negli acclivi?

Simplicio. Io non ci so scorgere causa di accelerazione né di ritardamento, non vi essendo né declività né acclività.

Salviati. Sì. Ma se non vi fusse causa di ritardamento, molto meno vi dovrebbe esser di quiete: quanto dunque vorreste voi che il mobile durasse a muoversi?

Simplicio. Tanto quanto durasse la lunghezza di quella superficie né erta né china.

Salviati. Adunque se tale spazio fusse interminato, il moto in esso sarebbe parimente senza termine, cioè perpetuo?

Simplicio. Parmi di sí, quando il mobile fusse di materia da durare.

Salviati. Già questo si è supposto, mentre si è detto, che si rimuovano tutti gl'impedimenti accidentarii ed esterni, e la fragilità del mobile in questo fatto è uno degli impedimenti accidentarii.

(da *Dialogo dei massimi sistemi*)

PARAFRASI

Salviati. Nel piano inclinato il mobile pesante spontaneamente discende e va continuamente accelerando. Ora ditemi quel che accadrebbe del medesimo mobile sopra una superficie che non fosse né in salita né in discesa [cioè orizzontale].

Simplicio. Non essendovi pendenza, non vi può essere inclinazione naturale al moto, e non essendovi salita, non vi può esser resistenza all'esser mosso, cosicché il mobile verrebbe ad essere indifferente tra la propensione e la resistenza al moto: penso dunque che dovrebbe restarvi naturalmente fermo.

Salviati. Ma se gli fosse data una spinta verso qualche parte, che succederebbe?

Simplicio. Succederebbe che si metterebbe in movimento verso quella parte.

Salviati. Ma di che genere di movimento? Un movimento continuamente accelerato, come nei piani in discesa, o gradualmente ritardato, come nei piani in salita?

Simplicio. Io non riesco a scorgervi né motivo di accelerazione né di rallentamento, non essendovi né discesa né salita.

Salviati. Sì. Ma se non vi fosse causa di rallentamento, molto meno vi dovrebbe esser di quiete: per quanto tempo dunque pensate voi che il mobile continuerebbe a muoversi?

Simplicio. Tanto quanto si protraesse la lunghezza di quella superficie né in salita né in discesa (cioè orizzontale).

Salviati. Dunque se tale superficie fosse di lunghezza infinita, il moto su di essa sarebbe parimenti senza fine, cioè perpetuo?

Simplicio. Direi proprio di sì, a patto che il mobile fosse fatto di una materia che dura.

Salviati. Questo lo abbiamo supposto all'inizio, quando si è detto che avremmo dovuto rimuovere tutti gli impedimenti accidentali ed esterni, e la fragilità del mobile in questo caso è uno degli impedimenti accidentali.

SINTESI – In che cosa consiste il metodo galileiano, che è diventato sinonimo di metodo scientifico o metodo sperimentale?

Il metodo di Galilei si riassume nella frase "*sensate esperienze e necessarie dimostrazioni*" ovvero: uso di osservazioni sistematiche e dirette dei fenomeni da cui si ricava la descrizione del loro andamento, attraverso l'individuazione di una legge matematica.

Circa lo studio del moto uniformemente accelerato, i passi che Galileo compie per mettere in atto questo nuovo modo di studiare la natura, sono in dettaglio i seguenti:

1. **distuggere** la teoria avversaria con il ragionamento o con esperimenti (reali o mentali), es. delle due pietre
2. cercare la teoria alternativa tra quelle più semplici (rasoio di **Occam**), evitare spiegazioni fantasiose e complesse; la natura segue vie semplici ed anche le spiegazioni che la riguardano devono essere semplici; sulla base di queste premesse, Galilei ipotizza che la pietra che cade aumenti gradualmente la sua velocità "secondo la più semplice e la più ovvia proporzione"

3. non cercare spiegazioni **finalistiche**, ma limitarsi a spiegare l'andamento del fenomeno individuando la legge matematica in cui esso rientra (es. legge secondo la quale i corpi accelerano in relazione ai tempi)
4. rifiutare le teorie **non verificabili** (es. polemica con Padre Clavio sul carattere montuoso della superficie lunare)
5. **osservare direttamente** i fenomeni, senza affidarsi a testimonianze o a cose dette da altri (vd. episodio dell'anatomia o la polemica con Sarsi circa l'attrito)
6. verificare tramite **esperimenti** la propria teoria (es., l'esperimento del piano inclinato); dopo aver fatto la propria ipotesi bisogna provarla attraverso esperimenti che la rendano certa
7. utilizzare **misurazioni** rigorose durante gli esperimenti per evitare l'imprecisione nell'osservazione (es. le misurazioni effettuate con l'orologio ad acqua nell'esperimento del piano inclinato); le misurazioni possono essere effettuate solo relativamente alle **qualità primarie** dei corpi (moto, numero, posizione, distanza da altri corpi, grandezza, ecc.) e non relativamente alle qualità secondarie (sapori, odori, colori, ecc.), che vanno perciò trascurate nell'osservazione.
8. l'uso delle misurazioni ci porta a sottolineare uno degli aspetti più importanti della rivoluzione scientifica: l'introduzione del linguaggio matematico nella descrizione dei fenomeni. Non vi è scienza senza l'**uso della matematica** nell'osservazione e nella descrizione del fenomeno. Galileo ritiene di aver spiegato il fenomeno nel modo più preciso quando è riuscito ad inquadralo in una legge di tipo matematico, ovvero in una formula (es. l'accelerazione aumenta in relazione al quadrato dei tempi).
Spiegare la natura, per Galileo, significa dunque trovare le leggi matematiche che inquadrano i suoi fenomeni. La scienza fisica (cioè della natura) è strettamente legata alla scienza matematica. Sul piano filosofico, Galilei è convinto, come lo erano gli antichi filosofi pitagorici, che la natura abbia una struttura matematica (il libro dell'universo è scritto in caratteri matematici) e mette questa idea alla base della sua scienza.
La corrispondenza tra matematica e realtà è dunque una delle caratteristiche della scienza della natura moderna. Tuttavia questa corrispondenza tra matematica e realtà è una questione filosofica molto discussa: "Qui tocchiamo uno dei più grossi problemi del pensiero scientifico moderno: spiegare come mai i concetti e teoremi matematici possano venire utilizzati con tanto successo nella teorizzazione dei fenomeni naturali."⁸

8/ Altre caratteristiche del metodo galileiano, che vanno messe in relazione alle sue concezioni filosofiche generali

Ai principio metodologici appena illustrati (rifiuto del finalismo, ripresa del rasoio di Occam; fiducia nella matematica; privilegiamento degli aspetti quantitativi e misurabili della realtà: le qualità primarie) si possono aggiungere i seguenti:

1. La credenza nell'**uniformità dell'ordine della natura**, obbediente alla legge causale.
2. Il **realismo** di Galilei, ovvero la sua persuasione che vi è conformità fra ciò che la scienza sostiene e il mondo quale effettivamente è. **La scienza non è solo una utile fantasia ingegnosa**, ma rispecchia *effettivamente* il modo in cui la realtà esiste. Ciò contrasta con la cosiddetta "argomentazione di Urbano VIII" che sostiene che le vie di Dio sono infinite, per cui lo scienziato non può mai essere sicuro di aver individuato esattamente come egli ha ordinato le cose.

⁸ Geymonat, L., *Il pensiero scientifico*, Milano, Garzanti, 1954, p. 70.

3. La **fiducia nella verità assoluta della scienza** e nelle capacità umane (fiducia che si potrebbe opporre all'argomento di Urbano VIII) viene ribadita anche nella distinzione tra **conoscere *intensive* ed *extensive***: la conoscenza umana differisce solo per estensione rispetto a quella divina, ma è identica quanto a potenza ed intensità; perciò l'uomo conosce quantitativamente meno cose di quante ne conosca Dio, ma quelle che conosce le conosce perfettamente e senza ingannarsi (l'uomo cioè intende molto *intensive*, ma poco *extensive*).

"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 un zero; ma pigliando l'intendere *intensive*, in quanto cotal termine importa intensivamente, cioè perfettamente, alcuna proposizione, dico che l'intelletto umano ne intende alcune così perfettamente, e ne ha così assoluta certezza, quanto 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 la divina nella certezza obiettiva, poiché arriva a comprenderne la necessità, sopra la quale non par che possa esser sicurezza maggiore....

Per meglio dichiararmi, dico che quanto alla verità di che ci danno cognizione le dimostrazioni matematiche, ella è l'istessa che conosce la sapienza divina; ma vi concederò bene che il modo col quale Iddio conosce le infinite proposizioni, delle quali noi conosciamo alcune poche, è sommamente più eccellente del nostro, il quale procede con discorsi e con passaggi di conclusione in conclusione, dove il Suo è di un semplice intuito..."

G. Galilei, *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, 1632, in Opere, Edizione Nazionale, Barbera, Firenze 1890-1909, vol. VII, p. 127.

PARAFRASI – "L'intendere si può concepire in due modi, cioè *intensivamente*, ovvero *estensivamente*: *estensivamente*, cioè quanto alla quantità delle cose intelligibili, che sono infinite, l'intender umano è come nullo, quand'anche riuscisse a intendere anche mille proposizioni, perché mille rispetto all'infinità è come uno zero; ma prendendo l'intendere come un intendere *intensivamente*, cioè perfettamente, qualche proposizione, dico che l'intelletto umano riesce ad intenderne alcune così perfettamente, e ne ha così assoluta certezza, quanto ne ha Dio stesso; e tali sono le scienze matematiche pure, cioè la geometria e l'aritmetica, delle quali l'intelletto divino conosce infinitamente più proposizioni perché le conosce tutte, ma di quelle poche intese dall'intelletto umano credo che la cognizione sia uguale a quella divina nella certezza obiettiva, poiché arriva a comprenderne la necessità, al di sopra della quale non pare che possa esservi certezza maggiore..."

Per meglio spiegarmi, dico che quanto alla verità che conosciamo grazie alle dimostrazioni matematiche, essa è la stessa che viene conosciuta dalla sapienza divina; ma vi concederò bene che il modo col quale Dio conosce le infinite proposizioni, delle quali noi conosciamo solo alcune, è sommamente più eccellente del nostro, che procede con discorsi e con passaggi di conclusione in conclusione, laddove il Suo è di un semplice intuito..."

9/ L'importanza di Galilei nella storia del pensiero filosofico

- Grande importanza assume la sua critica al finalismo e al concetto di causa.
- Contrapposizione alla visione antropomorfa della natura di una visione di essa come sistema di leggi e di relazioni.
- Il pensiero scientifico, come forma di sapere efficace, capace di produrre risultati tangibili, affascinerà molti pensatori successivi che cercheranno di farne il modello unico del pensiero corretto (si pensi a questo proposito alle discussioni tra le due grandi correnti della filosofia moderna, l'empirismo ed il raziona-

lismo), anche senza nascondersi tutte le difficoltà che esso presenta: che cosa giustifica la sua validità? È possibile estenderlo a tutti i rami del sapere: allo studio dell'uomo, della politica, ecc.

10/ Galilei nel teatro e nel cinema

Ecco le opere di alcuni autori di teatro e di cinema che sono stati ispirati dalla figura di Galilei. Anzitutto, il dramma *Vita di Galilei* di Bertolt Brecht, e poi due film: *Galileo* di L. Cavani e *Galileo* di Losey.

- ***Vita di Galileo* (in tedesco: *Leben des Galilei*) – Dramma teatrale in quindici scene di Bertolt Brecht (1898-1956), più volte rielaborato e di cui esistono varie versioni e revisioni (1937-39, 1947 e 1957).**

Famosissima, l'opera di Brecht si concentra in particolare sul processo e sull'abiura dello scienziato. La trama segue, con una certa libertà e arbitrarietà di interpretazione, la biografia storica di Galilei, che viene ritratto come un uomo che non sacrifica mai la propria integrità fisica alla coerenza intellettuale. "A che serve guadagnare l'anima se si perde il corpo?" dice Galilei esprimendo la propria filosofia di vita; e, al discepolo che gli rimprovera il tradimento, risponde: "Infelice quella nazione che ha bisogno di eroi".

L'amore del quieto vivere e le lusinghe di una vita comoda lo portano a ritrattare le proprie teorie sotto la minaccia della tortura, ed è questa la sua vera colpa: avere tradito la propria missione di intellettuale rallentando il progresso della verità non solo nel campo scientifico ma anche in quello politico e sociale. Infatti, se è vero che affidando ad un discepolo i suoi *Discorsi*, che saranno pubblicati in Olanda, Galilei salva le proprie scoperte, è vero anche che così facendo egli rifiuta di considerarle come armi per l'affermazione della nuova classe borghese degli artigiani e dei mercanti pronta a dargli il proprio appoggio.

A questo proposito è significativa la scena X in cui un cantastorie commenta sulla piazza di una città le nuove teorie e la sfida lanciata contro Roma, mentre irrompe un corteo di maschere grottesche che salutano l'avvento della nuova era (è il corteo carnevalesco delle corporazioni e mostra visivamente quella solidarietà della borghesia che Galilei finirà per respingere).

Altra scena significativa del dramma è la XII, in cui il nuovo papa (il cardinal Barberini, matematico illustre ed amico di Galilei) si spoglia a poco a poco delle proprie opinioni man mano che si veste degli abiti pontificali e, dopo l'iniziale riluttanza, finisce per acconsentire alle richieste dell'inquisizione per dare via al processo contro Galilei.



Brecht prova la sua *Vita di Galilei*

- ***Galileo* - Un film di Liliana Cavani. Con Cyril Cusack, Gigi Ballista, Giulio Brogi, Vittorio Duse, Piero Vida, Paolo Graziosi, Lou Castel, Claudio Cassinelli - Drammatico, durata 108 min. - Italia 1968.**

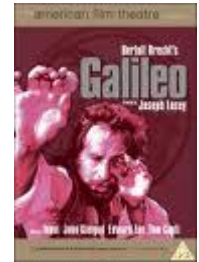
La vita di Galileo Galilei (1564-1642) dai 28 anni quando ha i primi dubbi sulla veridicità del sistema tolemaico ai 69 anni quando abiura. Imperniato sul tema del dialogo e del conflitto



(tra uomo di cultura e autorità; tra il credente e la Chiesa o, meglio, gli uomini che la rappresentano; tra la Curia e la chiesa conciliare), nonostante le rigidità didattiche e le secche illustrative, il film brucia quasi completamente gli schemi convenzionali del cinema biografico e trasforma la ricostruzione del passato in azione presente. È, insieme, la tragedia di un uomo in anticipo sui tempi e la storia di una ingenuità. Fu vietato ai minori di 18 anni. Inespugnabilmente? I censori ne intuirono l'impianto profondamente anticlericale. Prodotto dalla RAI. Non è stato mai trasmesso in TV.

- **Galileo - Un film di Joseph Losey. Con Margaret Leighton, Edward Fox, Topol, Vernon Dobtcheff. Storico, durata 145 min. - Gran Bretagna 1973.**

Dal dramma *Vita di Galilei* di Bertolt Brecht (che ebbe 3 versioni): alcuni episodi nella vita del celebre scienziato pisano (1564-1642), rappresentato ora come un combattente per la libertà intellettuale, ora come capostipite degli odierni scienziati atomici asserviti al potere. Dopo aver messo in scena il dramma di Brecht a Los Angeles nel 1947 con Charles Laughton protagonista nella sua prima edizione americana, J. Losey tentò di trovare un equivalente cinematografico allo stile teatrale di Brecht, applicando le sue idee al mezzo diverso. Anche a causa del basso costo che gli impose tempi strettissimi per le riprese, la trasposizione riuscì soltanto in parte, tanto più che, a causa dell'estrema fedeltà al testo, il film è molto parlato. Affiancato da un cast illustre che comprende anche John Gielgud, Patrick Magee, Margaret Leighton, l'attore-cantante ebreo Topol è un Galileo insolito e imponente.



Bibliografia

- GEYMONAT, L., *Galileo Galilei*, Torino, Einaudi, 1984 (1^a ed.: 1957). Chiaro e completo, il volume ripercorre vita e opere di Galilei. Lo scienziato viene visto come un precursore dell'illuminismo e si illustra la battaglia politico-culturale da lui condotta per far valere i diritti della ragione nella società del suo tempo; una lotta decisiva nella storia del mondo moderno.
- ABBAGNANO, N. – FORNERO, G., *Protagonisti e testi della filosofia* (3 voll.), vol. 2, Torino, Paravia, 1999.
- LAMBERTI, C., *Galileo e la nuova scienza*, due lezioni tenute presso il Liceo scientifico statale "G. Terragni" di Olgiate Comasco (CO), nell'a.s. 2008/09 (le slide utilizzate durante le lezioni sono disponibili a questo indirizzo: <http://www.liceoterragni.it/archivio.php>)
- Le notizie sul cinema sono tratte dal *Dizionario del cinema* di M. Morandini, versione on line sul sito <http://www.mymovies.it>; quelle sul dramma di Brecht, dall'*Enciclopedia Bompiani delle Opere e dei Personaggi*.

DOMANDE

1. Come si arriva al processo a Galilei?
2. Perché il *Dialogo dei massimi sistemi dell'universo* può essere considerato un'opera illuministica?
3. Quali sono le principali critiche che Galilei rivolge agli aristotelici?
4. Cosa significa che Galileo non si preoccupa di individuare la causa finale?
5. Quali sono i principali aspetti del metodo galileiano, che poi è diventato il metodo scientifico moderno? Sai elencarli tutti e illustrare ciascuno di essi singolarmente?
6. Che cos'è il rasoio di Occam?
7. Cosa significa che il metodo di Galilei si riassume nella frase "sensate esperienze e necessarie dimostrazioni"?
8. Che cosa significa che per fare scienza bisogna usare la matematica?
9. Che importanza assumono le misurazioni nella scienza galileiana?
10. Perché Galilei sostiene che la scienza deve privilegiare le qualità primarie dei corpi? Sai esporre la differenza tra qualità primarie e secondarie?
11. Come smonta Galilei la teoria aristotelica che fa derivare l'accelerazione dei corpi in caduta dal peso?
12. Quale principio metodologico emerge nella disputa tra padre Clavio e Galilei circa il carattere imperfetto della superficie lunare?
13. Con quali argomenti Galilei sostiene che le esperienze, nel campo della scienza, devono essere "sensate" e dirette?
14. Come risolve Galilei il rapporto tra scienza e fede? Come ci si deve comportare quando le verità scientifiche sono in contrasto con la fede?
15. Con quale celebre metafora Galilei sostiene che la realtà ha una struttura matematica?
16. Quali problemi filosofici pone l'idea che la realtà studiata dalla scienza abbia una struttura matematica?
17. Quali sono le principali scoperte scientifiche di Galilei? Come queste scoperte mettono in discussione la visione del mondo di Aristotele?
18. Spiega il significato del titolo *Dialogo dei massimi sistemi dell'universo: tolemaico e copernicano*.
19. Che rapporti ci sono tra Galileo e i naturalisti rinascimentali (Telesio e Bruno)?

ANTOLOGIA DI TESTI

1/ Galilei, La favola dei suoni (da *Il Saggiatore*, 21)

La favola dell'uomo che cerca di capire le cause dei suoni e scopre che ne esistono tante e insospettabili, serve a Galilei come esempio per spiegare un importante principio metodologico e cioè la difficoltà di arrivare ad una spiegazione dei fenomeni naturali, vista la loro varietà e molteplicità.

La favola illustra l'atteggiamento che l'uomo di scienza deve tenere nell'interpretazione dei fenomeni naturali. È l'atteggiamento di chi applica il metodo sperimentale. Fondamentale è mantenere un atteggiamento di apertura verso conoscenze sempre nuove, consci dei limiti del proprio sapere. Lo scienziato è curioso e cerca di capire, ma è umile e non parlare con certezza di cose che non conosce. Invece di arroccarsi nelle proprie convinzioni, è disponibile continuamente a cambiare la propria visione delle cose.

Parmi d'aver per lunghe esperienze osservato, tale esser la condizione umana intorno alle cose intellettuali, che quanto altri meno ne intende e ne sa, tanto più risolutamente voglia discorrerne; e che, all'incontro, la moltitudine delle cose conosciute ed intese renda più lento ed irresoluto al sentenziare circa qualche novità. 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.

Accadde che una notte vicino a casa sua sentì un delicato suono, né potendosi immaginar che fusse altro che qualche uccelletto, si mosse per prenderlo; e venuto nella strada, trovò un pastorello, che soffiando in certo legno forato e movendo le dita sopra il legno, ora serrando ed ora aprendo certi fori che vi erano, ne traeva quelle diverse voci, simili a quelle d'un uccello, ma con maniera diversissima. Stupefatto e mosso dalla sua natural curiosità, donò al pastore un vitello per aver quel zufolo; e ritiratosi in se stesso, e conoscendo che se non s'abbatteva a passar colui, egli non avrebbe mai imparato che ci erano in natura due modi da formar voci e canti soavi, volle allontanarsi da casa, stimando di potere incontrar qualche altra avventura.

Ed occorre il giorno seguente, che passando presso a un piccol tugurio, sentì risonarvi dentro una simil voce; e per certificarsi se era un zufolo o pure un merlo, entrò dentro, e trovò un fanciullo che andava con un archetto, ch'ei teneva nella man destra, segando alcuni nervi tesi sopra certo legno concavo, e con la sinistra sosteneva lo strumento e vi andava sopra movendo le dita, e senz'altro fiato ne traeva voci diverse e molto soavi. Or qual fusse il suo stupore, giudichilo chi partecipa dell'ingegno e della curiosità che aveva colui; il qual, vedendosi sopraggiunto da due nuovi modi di formar la voce ed il canto tanto inopinati, cominciò a creder ch'altri ancora ve ne potessero essere in natura. Ma qual fu la sua meraviglia, quando entrando in certo tempio si mise a guardar dietro alla porta per veder chi aveva sonato, e s'accorse che il suono era uscito dagli arpioni e dalle bandelle nell'aprir la porta? Un'altra volta, spinto dalla curiosità, entrò in un'osteria, e credendo d'aver a veder uno che coll'archetto toccasse leggermente le corde d'un violino, vide uno che fregando il polpastrello d'un dito sopra l'orlo d'un bicchiero, ne cavava soavissimo suono. Ma quando poi gli venne osservato che le vespe, le zanzare e i mosconi, non, come i suoi primi uccelli, col respirare formavano voci interrotte, ma col velocissimo batter dell'ali rendevano un suono perpetuo, quanto crebbe in esso lo stupore, tanto si scemò l'opinione ch'egli aveva circa il sapere come si generi il suono; né tutte l'esperienze già vedute sarebbero state bastanti a fargli comprendere o credere che i grilli, già che non volavano, potessero, non col fiato, ma collo scuoter l'ali, cacciar sibili così dolci e sonori. Ma quando ei si credeva non potere esser quasi possibile che vi fussero altre maniere di formar voci, dopo l'aver, oltre a i modi narrati, osservato ancora tanti organi, trombe, pifferi, strumenti da corde, di tante e tante sorte, e sino a quella linguetta di ferro che, sospesa fra i

dentì, si serve con modo strano della cavità della bocca per corpo della risonanza e del fiato per veicolo del suono; quando, dico, ei credeva d'aver veduto il tutto, trovossi più che mai rivolto 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, né le vedeva muovere squamme né altra parte, e che finalmente, alzandole il casso del petto e vedendovi sotto alcune cartilagini dure ma sottili, e credendo che lo strepito derivasse dallo scuoter di quelle, si ridusse a romperle per farla chetare, e che tutto fu in vano, sin che, spingendo l'ago più a dentro, non le tolse, trafiggendola, colla voce la vita, sì che né anco poté accertarsi se il canto derivava da quelle: 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.

Io potrei con altri molti esempi spiegar la ricchezza della natura nel produr suoi effetti con maniere inescogitabili da noi, quando il senso e l'esperienza non lo ci mostrasse, la quale anco talvolta non basta a supplire alla nostra incapacità; onde se io non saperò precisamente determinar la maniera della produzione della cometa, non mi dovrà esser negata la scusa, e tanto più quant'io non mi son mai arrogato di poter ciò fare, conoscendo potere essere ch'ella si faccia in alcun modo lontano da ogni nostra immaginazione; e la difficoltà dell'intendere come si formi il canto della cicala, mentr'ella ci canta in mano, scusa di soverchio il non sapere come in tanta lontananza si generi la cometa.

(da *Il Saggiatore*)

PARAFRASI

Mi pare di aver con lunghe esperienze potuto osservare che la condizione umana, circa le cose intellettuali, è tale che quanto meno qualcuno ne capisce e ne sa, tanto più risolutamente voglia discuterne; e che, al contrario, la moltitudine delle cose conosciute ed intese renda più lento e difficile il giudizio circa qualche cosa nuova.

Nacque un tempo in un luogo assai solitario un uomo dotato dalla natura di un ingegno acutissimo e di una curiosità straordinaria. Per suo divertimento egli allevava diversi uccelli, gli piaceva molto ascoltare il loro canto, e con grandissima meraviglia andava osservando con quanta arte, servendosi della stessa aria che respirano, a loro piacere davano forma a canti diversi, e tutti dolcissimi.

Accadde che una notte, vicino a casa sua, sentì un suono delicato, né potendosi immaginare altro che fosse emesso da qualche uccellino, uscì per catturarlo; e, arrivato nella strada, vi trovò un pastorello, che, soffiando in un certo legno forato e movendo le dita sopra il legno, ora chiudendo ed ora aprendo certi fori che vi erano, ne traeva quelle diverse voci, simili a quelle d'un uccello, ma con maniera diversissima. Stupefatto e spinto dalla sua naturale curiosità, donò al pastore un vitello per avere in cambio quello zufolo; e rimasto solo a riflettere e avendo compreso che se per caso non fosse passato quel pastorello egli non avrebbe mai imparato che esistevano in natura due modi per produrre suoni e canti soavi, volle allontanarsi da casa, credendo di potere imbattersi in qualche altra avventura [che avrebbe potuto fornirgli qualche altra esperienza circa l'origine dei suoni].

E capitò il giorno seguente, che passando presso un piccolo tugurio, sentì risuonarvi dentro un suono simile a quello prodotto dal merlo e dallo zufolo. E per accertarsi se si trattava di uno zufolo oppure di un merlo, entrò dentro, e trovò un fanciullo che, con un archetto che egli teneva nella mano destra, andava strofinando alcuni nervi tesi sopra un certo legno concavo, e con la sinistra sosteneva lo strumento e vi andava muovendo sopra le dita, e senza utilizzare il fiato ne traeva suoni diversi e molto soavi.

Ora, quale fosse il suo stupore, lo giudichi chi possiede lo steso ingegno e la stessa curiosità che aveva colui; il quale, constatando di aver scoperto due nuovi modi tanto insospettati di generare la voce ed il canto, cominciò a credere che in natura potessero esservene altri ancora.

Ma quale fu la sua meraviglia, quando entrando in un certo tempio si mise a guardar dietro alla porta per veder chi aveva suonato, e s'accorse che il suono era uscito dai cardini che reggono la porta che stridevano nell'aprirla? Un'altra volta, spinto dalla curiosità, entrò in un'osteria, e credendo che vi avrebbe trovato uno che coll'archetto sfregasse leggermente le corde d'un violino, vide invece uno che fregando il polpastrello d'un dito sopra l'orlo d'un bicchiere, ne traeva un suono dolcissimo.

Ma quando poi ebbe osservato che le vespe, le zanzare e i mosconi, non, come gli uccelli che per primi aveva osservato, col respirare formavano voci interrotte, ma col velocissimo battere delle ali generavano un suono perpetuo, allora quanto più crebbe in lui lo stupore per quello che non sapeva, tanto più diminuì l'opinione ch'egli aveva circa il sapere come si generi il suono; né tutte l'esperienze già vedute sarebbero state bastanti a fargli comprendere o credere che i grilli, giacché non volavano, potessero, non col fiato, ma con il solo scuotere le ali, emettere sibili così dolci e sonori.

Ma quando egli ormai credeva quasi non potere esser più possibile che vi fossero altre maniere per generare suoni, dopo avere, oltre ai modi narrati, osservato ancora tanti organi, trombe, pifferi, strumenti da corde, di tanti e tanti tipi, e sino a quella linguetta di ferro [lo scacciapensieri] che, sospesa fra i denti, si serve in modo insolito della cavità della bocca per fare da cassa di risonanza e del fiato per veicolo del suono; quando, dico, egli credeva ormai di aver veduto e compreso tutto, si trovò più che mai immerso nell'ignoranza e nello stupore quando gli capitò in mano una cicala, e osservò che né chiudendole la bocca né fermandole le ali non poteva neppure far sì che diminuisse l'altissimo stridore che emetteva, né vedeva che essa muovesse delle squame né altra parte del corpo, e che finalmente, alzandole la cassa toracica e vedendovi sotto alcune cartilagini dure ma sottili, e credendo che lo strepito derivasse dal loro scuotere, si ridusse a romperle per farla zittire, e che tutto fu inutile, finché, spingendo l'ago più a dentro, non le tolse, trafiggendola, colla voce la vita, così che neanche poté più accertarsi se il canto derivava da quelle cartilagini: per cui si ridusse a tanta diffidenza verso il suo sapere, che quando gli fu domandato come si generavano i suoni, con una nobile affermazione di ignoranza rispondeva di conoscerne alcuni modi, ma che era convinto ce ne potessero essere cento altri, sconosciuti e imprevedibili.

Io potrei con molti altri esempi spiegare la ricchezza della natura nel produrre i suoi effetti in modi che noi non riusciremmo neanche ad immaginare, se i sensi e l'esperienza non ce li mostrassero, e nemmeno questo talvolta basta a supplire alla nostra incapacità; dunque, se io non saprò precisamente spiegare il modo in cui si generano le comete [che è il tema centrale del *Saggiatore*, N.d.R.], ciò non mi dovrà negare la possibilità di esserne scusato, e tanto più per il fatto che io non mi sono mai arrogato di poterlo fare, sapendo che questa generazione possa avvenire in un modo molto lontano da ogni nostra possibile immaginazione; e la difficoltà del capire come si generi il canto di una cicala, che canta sulla nostra mano, perciò tanto vicina, potrà abbondantemente scusare il non sapere come si generi una cometa tanto lontana da noi.

2/ Galilei, La presentazione del cannocchiale al Doge di Venezia (da *Memorie e lettere inedite*)

La lettera con cui Galilei presenta il cannocchiale al Doge di Venezia, descrivendone l'utilità.

Del Cannocchiale

Scrittura di Galileo Galilei alla Signoria di Venezia

Serenissimo Principe

Galileo Galilei, umilissimo servo della Serenità Vostra, invigilando assiduamente e con ogni spirito per potere non solamente soddisfare al carico, che tiene della lettura di matematica nello Studio di Padova; ma in qualche utile e segnalato trovato apportare straordinario beneficio alla Serenità Vostra; compare al presente avanti di quella con un nuovo artificio di un occhiale cavato dalle più recondite speculazioni di prospettiva; il quale conduce gli oggetti visibili così vicini all'occhio, e così grandi e distinti gli rappresenta, che quello che è distante, verbigrazia, nove miglia ci apparisce come se fosse lontano un miglio solo; cosa che per ogni negozio o impresa marittima o terrestre può essere di giovamento inestimabile, potendosi in mare ad as-

sai maggior lontananza dal consueto scoprire legni e vele dell'inimico, sicchè per due ore e più di tempo possiamo prima scoprire lui, ch'egli scuopra noi, e distinguendo il numero e la qualità dei vascelli, giudicare le sue forze ed allestirsi alla caccia, al combattimento, o alla fuga: parimenti potendosi in terra scoprire, dentro alle piazze, alloggiamenti, e ripari dell'inimico, da qualche eminenza benchè lontana; o pure anco nella campagna aperta vedere e particolarmente distinguere, con nostro vantaggio, ogni suo moto e preparamento; oltre a molte utilità chiaramente note ad ogni persona giudiziosa. E pertanto giudicandolo degno di essere dalla Serenità Vostra ricevuto e come utilissimo stimato, ha determinato di presentarglielo, e sotto l'arbitrio suo rimettere il determinare circa questo ritrovamento, ordinando e provvedendo, che secondo che apparerà opportuno alla sua prudenza, ne siano, o non siano fabbricati. E questo presenta con ogni affetto il detto Galilei alla Serenità Vostra come uno dei frutti della scienza, che esso già 17 anni compiti professa nello Studio di Padova, con speranza di essere alla gior nata per presentargliene dei maggiori; se piacerà al Signor Dio e alla Serenità vostra, che egli secondo il suo desiderio passi il resto della vita sua al servizio di Vostra Serenità, alla quale umilmente s'inchi na, e da Sua Divina Maestà gli prega il colmo di tutte le felicità.

(da Memorie e lettere inedite finora o disperse di Galileo Galilei ordinate con annotazioni dal cav. Giambattista Venturi, Modena 1818; il brano si trova nella seguente sezione: Articolo III. Del Cannocchiale Scrittura di Galileo Galilei alla Signoria di Venezia, pp. 81-82)

PARAFRASI

Sul Cannocchiale

Scrittura di Galileo Galilei alla Signoria di Venezia

Serenissimo Principe

Galileo Galilei, umilissimo servo della Serenità Vostra, adoperandosi assiduamente e con ogni spirito per potere non solamente soddisfare l'incarico di insegnamento della matematica nell'Università di Padova; ma in qualche utile e importante scoperta apportare straordinario beneficio alla Serenità Vostra; si presenta ora davanti a Voi con l'invenzione di un nuovo tipo di occhiale ottenuto dai più approfonditi studi di ottica; il quale porta gli oggetti visibili così vicini all'occhio, e così grandi e distinti li fa vedere, che quello che è distante, per esempio, nove miglia ci appare come se fosse lontano un miglio solo; cosa che per ogni affare o impresa marittima o terrestre può essere di utilità inestimabile, potendosi in mare ad assai maggior lontananza dal consueto scoprire navi e vele del nemico, sicché con due ore e più di anticipo possiamo scoprire il nemico, prima che egli scopra noi, e distinguendo il numero e la qualità dei vascelli, stimare le sue forze e prepararci all'inseguimento delle navi nemiche, al combattimento, o alla fuga. E potendosi anche scorgere sulla terra ferma – osservando da qualche altura, benché lontana – i luoghi, gli alloggiamenti e i ripari del nemico. O potendosi anche vedere e distinguere dettagliatamente, nell'aperta campagna, con nostro grande vantaggio, ogni suo movimento e preparativo; oltre a molte altre utilità chiaramente note ad ogni persona giudiziosa. E pertanto, [l'umilissimo servo Vostro, Galilei] ritenendo che il cannocchiale sia degno di essere ricevuto e accolto dalla Serenità Vostra come utilissimo strumento, ha deciso di presentarlo a Voi e di affidare a Voi il compito di giudicare del valore di questa invenzione, ordinando e provvedendo che ne siano o non ne siano fabbricati [nella Repubblica Veneta].

E questo presenta, con ogni affetto, il detto Galilei alla Serenità Vostra come uno dei frutti della scienza, che esso già da 17 anni compiuti, insegna nell'Università di Padova, con speranza di avere le forze e le possibilità per presentargliene di maggiori; se piacerà al Signor Dio e alla Serenità vostra, che egli secondo il suo desiderio passi il resto della vita sua al servizio di Vostra Serenità, alla quale umilmente s'inchi na, e da Sua Divina Maestà gli prega il colmo di tutte le felicità.

ALTRI MATERIALI

Approfondimento e possibile collegamento - Questa posizione di Galilei circa l'atteggiamento che si deve assumere rispetto ai fenomeni naturali (non facciamo ipotesi fantasiose, ma limitiamoci a spiegare l'andamento e il comportamento – le "passioni" le chiama Galileo – del moto) unitamente all'atteggiamento parsimonioso nella formulazione delle ipotesi (il rasoio di Occam, esposto in precedenza) richiamano la posizione che ha **Newton** nello studio della gravità, che si riassume nella sua celebre affermazione: "non invento ipotesi" (*Hypotheses non fingo*). Secondo il grande fisico e matematico inglese, nello studio dei fenomeni bisogna limitarsi a descrivere quello che accade senza fare ipotesi di tipo fantasioso sulle ragioni (occulte, metafisiche, magiche, ecc.) di ciò che accade:

"In verità non sono ancora riuscito a dedurre dai fenomeni la ragione di queste proprietà della gravità, e non invento ipotesi. Qualunque cosa, infatti, non deducibile dai fenomeni va chiamata ipotesi; e nella filosofia sperimentale non trovano posto le ipotesi sia metafisiche, sia fisiche, sia delle qualità occulte, sia meccaniche." (Newton)