

TRAMA/3 *La seconda giornata è interamente dedicata a dimostrare della possibilità della rotazione della Terra: un'ipotesi che non solo spiega tutti i fenomeni osservabili in cielo, ma è anche infinitamente più semplice di quella tolemaica, che pretende che l'intero universo giri intorno a un piccolo pianeta.*

TESTO
W64

GALILEO GALILEI

Argomenti in favore della rotazione terrestre

SALV. [...] se noi considereremo solamente la mole immensa della sfera stellata, in comparazione della piccolezza del globo terrestre, contenuto da quella per tanti milioni di volte, e più¹ penseremo alla velocità del moto che deve in un giorno e in una notte fare una intera conversione², io non mi posso persuadere che trovar si potesse alcuno che avesse per cosa più ragionevole e credibile che la sfera celeste fusse quella che desse la volta, ed il globo terrestre restasse fermo³.

SAGR. Se per tutta l'università degli effetti che possono aver in natura dipendenza da movimenti tali, seguissero indifferentemente tutte le medesime conseguenze a capello tanto dall'una posizione quanto dall'altra⁴, io, quanto alla mia prima e generale apprensione⁵, stimerei che colui che reputasse più ragionevole il far muover tutto l'universo, per ritener ferma la Terra, fusse più
10 irragionevole di quello che, sendo salito in cima della vostra Cupola⁶ non per altro che per dare una vista⁷ alla città ed al suo contado, domandasse che se gli facesse girare intorno tutto il paese, acciò⁸ non avesse egli ad aver la fatica di volger la testa: e ben vorrebbero esser molte e grandi le comodità che si traesser da quella posizione e non da questa, che pareggiassero nel mio concetto e superasser questo assurdo, sì che mi rendesser più credibile quella che questa⁹. Ma forse Aristotile, Tolomeo e il signor Simplicio ci devono trovare¹⁰ i lor vantaggi, li quali sarà bene che sien proposti a noi ancora¹¹, se vi sono, o mi sia dichiarato come e'¹² non vi sieno né possano essere.

SALV. Io sì come, per molto che ci abbia pensato, non ho potuto trovar diversità alcuna¹³, così mi par d'aver trovato che diversità alcuna non vi possa essere; onde io stimo il più cercarla esser
20 in vano¹⁴. Però notate: il moto in tanto è moto, e come moto opera, in quanto ha relazione a cose che di esso mancano; ma tra le cose che tutte ne partecipano egualmente, niente opera ed è come s'e' non fusse¹⁵: e così le mercanzie delle quali è carica la nave, in tanto si muovono, in quanto,

1. **più**: inoltre.

2. **conversione**: giro su se stesso.

3. **io non mi posso ... fermo**: io non riesco a convincermi che si possa trovare chi ritenga più ragionevole e credibile che sia l'intera sfera celeste a muoversi e la Terra a restare ferma. La formulazione complicata è conseguenza dell'estrema prudenza di Salviati nell'affermare un'idea tanto contraria alla dottrina della Chiesa: per questo egli non dice che è probabile che la Terra ruoti, bensì che non riesce a credere che qualcuno ritenga probabile il contrario.

4. **Se per tutta ... dall'altra**: se, per tutti quanti gli effetti che i movimenti decripti possono generare in natura, le conseguenze dell'una e dell'altra teoria fossero esattamente le stesse.

5. **apprensione**: impressione, idea.

6. **vostra Cupola**: quella famosissima del duomo di Firenze, opera dell'architetto Filippo Brunelleschi.

7. **una vista**: uno sguardo.

8. **acciò**: affinché.

9. **ben ... questa**: davvero dovrebbero essere molti e grandi i vantaggi di quella teoria (aristotelico-tolemaica, geocentrica) rispetto a questa (copernicana, eliocentrica), perché nel mio pensiero pareggino e superino la manifesta assurdità, così da rendermela più credibile.

10. **ci ... trovare**: hanno evidentemente.

11. **ancora**: anche.

12. **e'**: "ei", pronome soggetto di terza persona; qui sta per "essi" (riferito a «vantaggi»).

13. **diversità alcuna**: tra le due teorie, che possono spiegare entrambe i fenomeni osservabili.

14. **onde ... in vano**: quindi ritengo che cercarla ancora sia inutile.

15. **come s'e' non fusse**: come se non esistesse. Si dice che una cosa si muove in relazione a una ferma (il cosiddetto sistema di riferimento), ma, se tutte le cose si muovono, è come se stessero ferme (nel senso che non mutano la loro posizione reciproca). Da qui l'esempio della nave e delle sue merci che si muovono rispetto ai porti, ma non l'una rispetto alle altre, dal momento che si muovono insieme.

lasciando Venezia, passano per Corfù, per Candia, per Cipro, e vanno in Aleppo¹⁶, li quali Venezia, Corfù, Candia etc. restano, né si muovono con la nave; ma per le balle¹⁷, casse ed altri colli¹⁸, de' quali è carica e stivata la nave, e rispetto alla nave medesima, il moto da Venezia in Soria¹⁹ è come nullo, e niente altera la relazione che è tra di loro, e questo, perché è comune a tutti ed egualmente da tutti è partecipato; e quando delle robe che sono in nave una balla si sia discostata da una cassa un sol dito, questo solo sarà stato per lei movimento maggiore, in relazione alla cassa, che 'l viaggio di dua mila miglia fatto da loro di conserva²⁰. [...]

Essendo dunque manifesto che il moto il quale sia comune a molti mobili²¹, è ozioso²² e
 30 come nullo in quanto alla relazione di essi²³ mobili tra di loro, poiché tra di essi niente si muta, e solamente è operativo nella relazione che hanno essi mobili con altri che manchino di quel moto, tra i quali si muta abitudine; ed avendo noi diviso l'universo in due parti, una delle quali è necessariamente mobile, e l'altra immobile; per tutto quello che possa depender da cotal movimento, tanto è far muover la Terra sola quanto tutto 'l resto del mondo, poiché l'operazione di tal moto non è in altro che nella relazione che cade tra i corpi celesti e la Terra²⁴, la qual sola relazione è quella che si muta. Ora, se per conseguire il medesimo effetto ad unguem²⁵ tanto fa se²⁶ la sola Terra si muova, cessando²⁷ tutto il resto dell'universo, che se, restando ferma la Terra sola, tutto l'universo si muova di un istesso moto, chi vorrà credere che la natura (che pur, per comun consenso, non
 40 muovere un numero immenso di corpi vastissimi, e con una velocità inestimabile, per conseguir quello che col movimento mediocre di un solo intorno al suo proprio centro poteva ottenersi?

SIMP. Io non bene intendo come questo grandissimo moto sia come nullo per il Sole, per la Luna, per gli altri pianeti e per l'innumerabile schiera delle stelle fisse. E come direte voi esser nulla il passare il Sole da un meridiano all'altro, alzarsi sopra questo orizzonte, abbassarsi sotto quello, arrecare ora il giorno ora la notte, simili variazioni far la Luna e gli altri pianeti e le stelle fisse ancora?²⁹

SALV. Tutte coteste variazioni raccontate da voi non son nulla, se non in relazion alla Terra. E che ciò sia vero, rinvovete con l'immaginazione la Terra: non resta più al mondo né nascere né tramontar di Sole o di Luna, né orizzonti né meridiani, né giorni né notti, né in somma per tal
 50 movimento nasce mai mutazione alcuna tra la Luna e 'l Sole o altre qualsivogliano stelle, sian fisse o erranti; ma tutte le mutazioni hanno relazione alla Terra; le quali tutte in somma non importano poi altro che³⁰ 'l mostrare il Sole ora alla Cina, poi alla Persia, dopo all'Egitto, alla Grecia, alla Francia, alla Spagna, all'America etc., e far l'istesso della Luna e del resto de i corpi celesti, la qual

16. **Corfù ... Aleppo**: altrettante tappe di una nave che parte da Venezia, tocca l'isola greca di Corfù (sotto il dominio veneziano), Creta (Candia è l'odierna Iraklio, anch'essa sotto Venezia al tempo del *Dialogo*), Cipro, per arrivare infine alla costa siriana e proseguire via terra per Aleppo.

17. **balle**: merci avvolte nella tela o altro materiale.

18. **colli**: merci trasportate.

19. **Soria**: Siria.

20. **di conserva**: insieme (letteralmente, "in convoglio").

21. **mobili**: qualsiasi cosa soggetta al movimento.

22. **ozioso**: inoperoso (contrario di «operativo» più sotto).

23. **essi**: questi.

24. **l'operazione ... Terra**: il moto incide sulla relazione tra i corpi celesti e la Terra, e quindi è in teoria esattamente lo stesso immaginare che siano gli uni a muoversi oppure l'altra. Tuttavia, come Salviati spiega subito dopo, il fatto che le spiegazioni siano teoricamente equivalenti non significa che siano entrambe accettabili. Nel caso della teoria geocentrica, infatti, bisognerebbe ammettere che la natura fa girare un intero universo a una velocità enorme intorno a un piccolo pianeta come la Terra: il che è insensato, pro-

prio come pretendere che sia Firenze a girare intorno all'osservatore salito sulla cupola del duomo e non lui a voltare la testa.

25. **ad unguem**: (latino, "fino all'unghia") esattamente.

26. **tanto fa se**: è la stessa cosa se.

27. **cessando**: mentre resta fermo.

28. **eletto**: scelto.

29. **Io non bene ... ancora?**: Simplicio ribatte ovviamente che la teoria copernicana è contraria all'esperienza quotidiana. Come si può negare che il Sole sorga, passi da un meridiano all'altro e infine tramonti?

30. **non importano ... che**: consistono in ultima analisi nel fatto di.

fattura segue puntualmente nel modo medesimo³¹ se, senza imbrigar³² sì gran parte dell'universo, si faccia rigirare in se stesso il globo terrestre.

[Salviati inizia la confutazione di diversi argomenti che sembrerebbero negare la possibilità del moto terrestre, a partire dall'osservazione e dalle esperienze dirette (ad esempio, secondo Aristotele, la rotazione farebbe cadere un grave in modo non perpendicolare, come invece l'esperienza quotidiana ci palesa). Salviati dimostra che, in un sistema in movimento, il movimento stesso appartiene a tutti i componenti del sistema, che per questo non modificano le loro relazioni reciproche: di conseguenza, un osservatore interno può percepire solo i movimenti interni al sistema. Tornando all'esempio della caduta dei gravi, in realtà un grave non cade perpendicolarmente, come sembrerebbe, ma descrive un arco di cerchio, in quanto al moto dall'alto verso il basso si somma quello orizzontale (solo che un osservatore interno – affidandosi alla sola percezione dei sensi – non può rendersene conto). Dopo aver discusso tutti gli argomenti contrari al moto della Terra, Salviati propone infine un "esperimento" intellettuale.]

SALV. [...] per ultimo sigillo³³ della nullità di tutte le esperienze addotte, mi par tempo e luogo di mostrar il modo di sperimentarle³⁴ tutte facilissimamente. Riserratevi con qualche amico nella maggiore stanza che sia sotto coverta di alcun gran navilio³⁵, e quivi fate d'aver mosche, farfalle e simili animaletti volanti; siavi anco un gran vaso d'acqua, e dentrovi de' pescetti; sospendasi anco
70 in alto qualche³⁶ secchiello, che a goccia a goccia vadia versando³⁷ dell'acqua in un altro vaso di angusta bocca³⁸, che sia posto a basso³⁹: e stando ferma la nave, osservate diligentemente come quelli animaletti volanti con pari velocità vanno verso tutte le parti della stanza; i pesci si vedranno andar notando indifferentemente per tutti i versi; le stille⁴⁰ cadenti entreranno tutte nel vaso sottoposto; e voi, gettando all'amico alcuna cosa⁴¹, non più gagliardamente⁴² la dovrete gettare verso quella parte che verso questa, quando le lontananze sieno eguali; e saltando voi, come si dice, a piè giunti, eguali spazii passerete verso tutte le parti. Osservate che avrete diligentemente tutte queste cose, benché niun dubbio ci sia che mentre il vassello⁴³ sta fermo non debbano succeder così, fate muover la nave con quanta si voglia velocità; ché (pur che il moto sia uniforme e non fluttuante in qua e in là⁴⁴) voi non riconoscerete una minima mutazione in tutti li nominati effetti, né da
80 alcuno di quelli potrete comprender se la nave cammina o pure sta ferma: voi saltando passerete nel tavolato⁴⁵ i medesimi spazii che prima, né, perché la nave si muova velocissimamente, farete maggior salti verso la poppa che verso la prua⁴⁶, benché, nel tempo che voi state in aria, il tavolato sottopostovi scorra verso la parte contraria al vostro salto; e gettando alcuna cosa al compagno, non con più forza bisognerà tirarla, per arrivarlo⁴⁷, se egli sarà verso la prua e voi verso poppa, che se voi fuste situati per l'opposito⁴⁸; le goccioline cadranno come prima nel vaso inferiore, senza caderne pur una⁴⁹ verso poppa, benché, mentre la gocciola è per aria, la nave scorra molti palmi;

31. **la qual ... medesimo**: e questo fatto si verifica esattamente nello stesso modo.

32. **imbrigar**: (colloquiale) coinvolgere in questa briga.

33. **sigillo**: conclusione (il sigillo era un simbolo che si stampava sulla ceralacca usata per chiudere lettere e plichi).

34. **sperimentarle**: metterle alla prova.

35. **sotto ... navilio**: all'interno di una grande imbarcazione.

36. **qualche**: un.

37. **vadia versando**: continui a versare.

38. **di angusta bocca**: con l'imboccatura stretta.

39. **a basso**: in basso, sotto il secchiello.

40. **stille**: gocce.

41. **alcuna cosa**: un qualsiasi oggetto.

42. **più gagliardamente**: con maggiore forza.

43. **vassello**: nave.

44. **fluttuante ... là**: ora accelerato, ora decelerato.

45. **tavolato**: pavimento fatto con tavole di legno.

46. **maggior ... prua**: secondo i critici di Copernico, sarebbe stato necessario usare più forza per saltare la stessa distanza in direzione favorevole alla rotazione che in senso contrario (perché – secondo il loro ragionamento errato – la persona che salta resterebbe ferma in aria mentre il pavimento gli scorre sotto i piedi).

47. **arrivarlo**: raggiungerlo.

48. **per l'opposito**: al contrario.

90 i pesci nella lor acqua non con più fatica noteranno verso la precedente che verso la susseguente parte del vaso, ma con pari agevolezza verranno al cibo posto su qualsivoglia luogo dell'orlo del vaso; e finalmente le farfalle e le mosche continueranno i lor voli indifferentemente verso tutte le parti, né mai accaderà che si riduchino⁵⁰ verso la parete che riguarda la poppa⁵¹, quasi che fussero stracche⁵² in tener dietro al veloce corso della nave, dalla quale per lungo tempo, trattenendosi per aria, saranno state separate; e se abbruciando alcuna lagrima d'incenso si farà un poco di fumo, vedrassi ascender in alto ed a guisa di nugoletta trattenervisi, e indifferentemente muoversi non più verso questa che quella parte⁵³. E di tutta questa corrispondenza d'effetti ne è cagione l'esser il moto della nave⁵⁴ comune a tutte le cose contenute in essa ed all'aria ancora, che per ciò dissi io che si stesse sotto coverta [...].

(da G. Galilei, *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, tolemaico e copernicano, Giornata seconda, Dialogo secondo*, op. cit.)

49. **senza ... una:** senza che nemmeno una cada.

50. **si riduchino:** si raccolgano.

51. **che ... poppa:** è rivolta alla poppa.

52. **stracche:** sfinite. Sempre secondo i critici

della rotazione terrestre, questa sarebbe impossibile perché gli insetti e gli uccelli non riuscirebbero a tener dietro al movimento.

53. **indifferentemente ... parte:** il fumo cioè si muoverà da una parte o dall'altra indipen-

dentemente dal movimento della nave.

54. **E di tutta ... nave:** la ragione di tutti questi effetti equivalenti è il che il moto della nave è comune a tutti gli oggetti che si trovano al suo interno.

LEGGIAMO INSIEME

OLTRE LE «SENSATE ESPERIENZE»

■ La “relatività galileiana”

Il brano letto illustra alcuni argomenti che Salviati adduce a favore della rotazione terrestre, confutando le critiche aristoteliche. In primo luogo egli **introduce il concetto di sistema di riferimento**, con cui dimostra che la questione della scelta a favore o contro il movimento della Terra o a quello dell'intero universo è relativa, perché dipende dal punto di osservazione (si parla per questo di “relatività galileiana”). Le casse contenute nella stiva di una nave non si muovono in rapporto alla nave stessa, ma solo in relazione ai porti che la nave tocca: si può dunque dire che un corpo è mobile rispetto a un altro immobile, ma, siccome non sappiamo quale parte dell'universo (la Terra o i cieli) sia immobile, non possiamo neanche dire quale è quella mobile; o meglio, questo è **totalmente indifferente**.

Non è invece indifferente il fatto che la teoria geocentrica di Aristotele pretenda di far girare ben otto sfere celesti a velocità molto diverse (a partire da quella delle stesse fisse, che fa una rotazione completa e velocissima sul suo asse in 24 ore) intorno alla Terra, utilizzando un alto numero di sfere ulteriori per giustificare tutti i complessi movimenti dei pianeti. Si tratta, come mostra Sagredo, di **una pretesa assurda**, pari soltanto a quella di una persona che volesse fare ruotare intorno

a sé il paesaggio fiorentino per non fare la fatica di girare la testa! **Ciò che rende «ragionevole» il sistema di Copernico è proprio la sua economicità**, dal momento che basta ammettere il doppio movimento della Terra per spiegare ogni cosa «con mirabil facilità», come dirà più avanti Salviati.

■ Il coraggio dell'innovazione

La seconda parte del testo contiene una lunga serie di confutazioni degli argomenti aristotelici contro la rotazione terrestre, tutti sostanzialmente basati sulla diretta osservazione. Qui Salviati introduce, attraverso il cosiddetto “**esperimento della nave**”, il **concetto di sistema inerziale**, un sistema cioè in cui gli oggetti sono indifferentemente in quiete o in moto rettilineo uniforme: gli stessi fenomeni si verificano nella nave quando è ferma e quando è in movimento, prova del fatto che **la rotazione terrestre non causerebbe** – secondo Galilei – **nessun cambiamento apprezzabile a fatti come la caduta dei gravi**, il tiro dei proiettili, il volo degli uccelli, ecc. I critici della rotazione terrestre immaginano al contrario che il movimento dovrebbe ad esempio far sì che una pietra tocchi terra lontano dalla base della torre da cui è stata lasciata cadere, o che un proiettile sparato verso oriente percorra meno spazio di uno sparato verso occidente per il fatto che la Terra intanto

si è mossa: per Salviati **queste argomentazioni mostrano innanzitutto il pericolo dell'empirismo sciocco**, cioè del fermarsi alla prima interpretazione dei fatti senza cercare spiegazioni alternative, forse meno evidenti ma più scientifiche; e in secondo luogo la resistenza dei modelli precostituiti, cioè la tendenza a restare **ancorati a rappresentazioni tradizionali** da cui non si ha il coraggio di distaccarsi.

Come egli dirà in un passo successivo, «L'errore di Aristotile, di Tolomeo, di Ticone, vostro, e di tutti gli altri, ha radice in quella fissa e inveterata impressione, che la Terra stia ferma, della quale non vi potete o sapete spogliare né anco quando volete filosofare di quel che seguirebbe, posto che la Terra si movesse; e così [...] discorrete intorno alla caduta del sasso sempre come se si partisse dalla quiete, dove che [mentre invece] bisogna dire: Se la Terra sta ferma, il sasso si parte dalla quiete e scende perpendicolarmente; ma se la Terra si muove, la pietra altresì si muove con pari velocità, né si parte dalla quiete, ma dal moto eguale a quel della Terra, col quale mescola il sopravveniente in giù e ne compone un trasversale». La pietra, insomma, cade

con una traiettoria obliqua, sommando il moto verticale con quello orizzontale dovuto alla rotazione, ma noi **vediamo solo quello verticale, perché siamo nello stesso sistema e ci muoviamo con esso**, proprio come nell'esperimento della nave: «Rispetto alla Terra, alla torre e a noi, che tutti di conserva ci moviamo, col moto diurno, insieme con la pietra, il moto diurno è come se non fusse, resta insensibile, resta impercettibile, è senza azione alcuna, e solo ci resta osservabile quel moto del quale noi manchiamo, che è il venire a basso lambendo la torre».

Questa pagina giustamente famosa non contiene soltanto **una teoria ancora oggi sostanzialmente valida** (su di essa è infatti basata anche la relatività ristretta di Einstein), ma anche una grande lezione di metodo, tesa a mostrare in primo luogo che **le «sensate esperienze» possono essere ingannevoli se non sono studiate con «l'occhio della mente»**, cioè con un'ipotesi teorica adeguata; in secondo luogo che il ricercatore deve essere pronto a **mettere continuamente in discussione anche i principi più sicuri**, che per secoli sono stati fondamento della conoscenza e del metodo scientifico.

Attività

PER CAPIRE

1. Quale immagine usa Sagredo per descrivere la pretesa dei sostenitori del geocentrismo?
2. In cosa consiste la “relatività galileiana”?
3. Spiega questa affermazione di Salviati: «il moto in tanto è moto, e come moto opera, in quanto ha relazione a cose che di esso mancano; ma tra le cose che tutte ne partecipano egualmente, niente opera ed è come s'e' non fusse».
4. Salviati fa nel corso del brano due esempi con le navi: quali?
5. Perché il sistema copernicano è più semplice?
6. Quale argomento oppone Simplicio alla rotazione della Terra?
7. Salviati risponde a Simplicio proponendogli un primo esperimento mentale: quale?
8. Quali sono gli “ingredienti” dell'esperimento? Che cosa dimostra?

PER APPROFONDIRE

9. Fa' una ricerca sul sistema astronomico elaborato da Aristotele e sulle innovazioni introdotte da Tolomeo.

10. Come dimostra Salviati che «tanto fa se la sola Terra si muova, cessando tutto il resto dell'universo, che se, restando ferma la Terra sola, tutto l'universo si muova di un istesso moto»? Ossia che, in linea teorica, il movimento della Terra intorno ai cieli e il movimento dei cieli intorno alla Terra sono due ipotesi egualmente accettabili?

11. Quale principio della dinamica, per la prima volta formalizzato dallo scienziato inglese Isaac Newton, è contenuto in questo brano?

PER SCRIVERE

12. Scegli uno degli argomenti utilizzati da Salviati per sostenere la teoria della rotazione terrestre. Semplificalo e riscrivilo come se lo dovessi illustrare a un ragazzino di 10 anni.

■ VERSO L'ESAME

13. Prima prova. **B - Saggio breve**
Il *Dialogo* di Galilei tra scienza e letteratura (→ anche Testo 85).