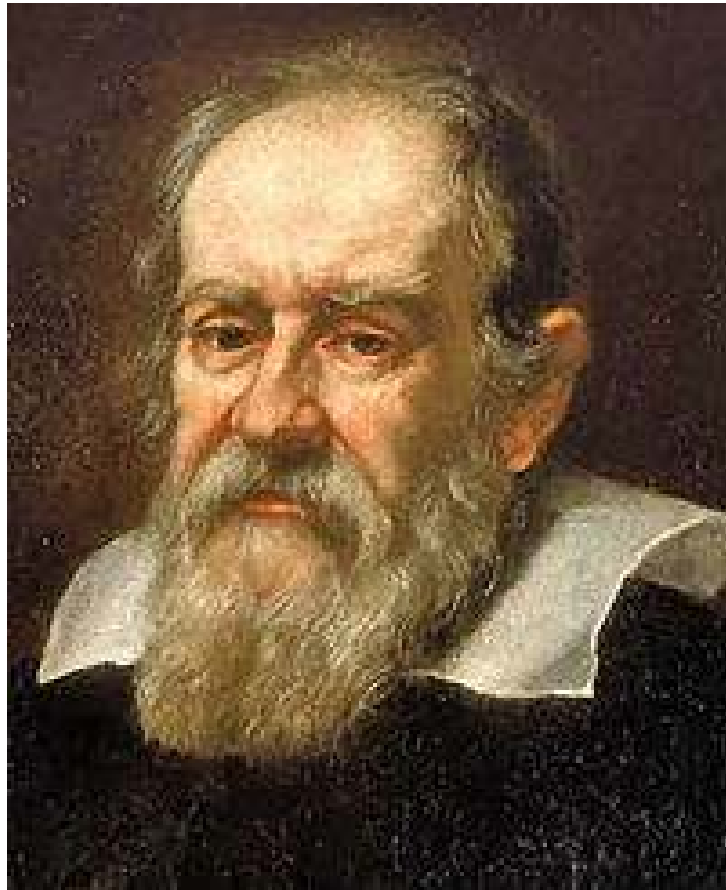


# *Galileo Galilei*

*Pisa, 15 febbraio 1564 – Arcetri, 8 gennaio 1642*



*In occasione dei 450 anni dalla nascita*

*Introduzione di Federigo Enriques*

*a*

**DIALOGO  
DEI MASSIMI SISTEMI**

di

**Galileo Galilei**

COLLANA DI CLASSICI DELLE SCIENZE  
FISICHE MATEMATICHE E NATURALI

DIRETTA DA  
GUIDO CASTELNUOVO e FEDERIGO ENRIQUES

SOTTO GLI AUSPICI DEL  
CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

---

GALILEO GALILEI

DIALOGO  
DEI MASSIMI SISTEMI

A CURA DI  
GUIDO CASTELNUOVO

INTRODUZIONE DI  
FEDERIGO ENRIQUES

---

“ EDI-SAN ” — EDITRICE SANDRON — ROMA

## INTRODUZIONE

La Editrice Sandron, con un coraggio, diremmo quasi un'audacia degna di elogio, inizia oggi, in questo agitato periodo di vita italiana, la pubblicazione di una collana di classici delle scienze fisiche, matematiche e naturali, italiani e stranieri, tradotti questi ultimi nella nostra lingua. L'editore ci ha offerto di dirigere la collana e noi abbiamo accettato di buon grado l'invito, perchè l'impresa ci è parsa meritevole di incoraggiamento.

Pensiamo che un modo efficace per sollevare la cultura italiana dalle cause di decadenza che la minacciano sia di invitare i giovani all'austera lettura delle pagine eterne che i fondatori della scienza ci hanno tramandato.

Ma pur varcando i confini della nostra patria, vediamo un significato e un interesse più alto nella ristampa di opere classiche in questo periodo storico. Il pubblico che assiste alle grandiose applicazioni della scienza, o sente parlare delle scoperte mirabili nella fisica atomica, può illudersi intorno al progresso illimitato delle nostre conoscenze della natura. Ma chi ha trascorso la vita nell'indagine scien-

tifica avverte, in mezzo a questo apparente fulgore, segni preoccupanti di stanchezza e disorientamento. Egli si accorge che taluno, anche tra i grandi ricercatori, sembra propenso a rinunciare all'indirizzo razionale e sperimentale di Galileo e di Newton, che ha pur dato una fioritura meravigliosa durante tre secoli, per abbandonarsi a speculazioni vagamente aprioristiche, o per tendere verso un empirismo acritico. Par quasi di assistere ad un risorgere di quegli atteggiamenti dello spirito contro i quali Galileo ha rivolto la sua vigorosa e fine polemica.

Qual modo migliore per combattere questa pericolosa tendenza che la meditazione sulle grandi opere, ove i fondatori della cultura moderna hanno insegnato come la scienza debba essere coltivata ed amata?

Ecco perchè abbiamo appoggiato caldamente la pubblicazione dei classici che oggi si inizia. Ecco perchè abbiamo voluto inaugurarla sotto gli auspici di Galileo, il fondatore della fisica moderna, l'astro maggiore del pensiero scientifico italiano.

Del grande Pisano pubblicheremo nei primi due numeri della Collana i due dialoghi immortali, limitati alle parti cui devono principalmente la loro fama, ed annotati dove il testo può sembrare oscuro.

Seguirà, volta in italiano, la Memoria di Gauss *Disquisitiones generales circa superficies curvas*, ove il grande matematico riesce in poche pagine a stabilire alcuni dei maggiori risultati della geometria differenziale.

La prima serie di cinque volumi si chiuderà con gli scritti più importanti di due tra i fondatori della Chimica moderna, Amedeo Avogadro e Stanislao Cannizzaro.

La seconda serie comprenderà, accanto ad alcune Memorie dei costruttori della geometria non-euclidea (Lobatchefski, Bolyai, Riemann, Beltrami...), una o due opere di scienze naturali: un saggio sulla metamorfosi delle piante di Wolfango Goethe, spirito universale, e le celebri Memorie in cui il Canonico Mendel ha gettato le basi dell'eredità biologica.

La stampa della Collana potrà progredire rapidamente, alternando opere di matematica con quelle di scienze della natura, se il pubblico, come speriamo, apprezzerà il valore della iniziativa ed accoglierà con favore i volumi a mano a mano che escono per la stampa.

Questo augurio e questa fiducia ci assistono nell'opera che oggi iniziamo e che altri, speriamo, vorrà un giorno proseguire.

Roma, ottobre 1945.

G. CASTELNUOVO

F. ENRIQUES

*Galileo è eminente matematico, fisico ed astronomo, ma la sua grandezza si ravvisa non tanto nei contributi recati a queste discipline particolari, quanto nell'idea che egli ha cercato di realizzare, con un atteggiamento nuovo rispetto alla scienza della natura. Invero il matematico, che pure lascia risultati precorrenti all'analisi infinitesimale e spinge su tale via Cavalieri e Torricelli, rimane forse inferiore a questi e ad altri contemporanei che lo superano per virtuosismo algebrico; il fisico, costruttore d'ingegnosi apparecchi ed esecutore di belle esperienze, trova fra i suoi discepoli e continuatori altri fabbri di apparecchi più complicati, che consentono di eseguire esperienze più delicate e difficili; e finalmente l'astronomo, scopritore delle macchie solari e dei satelliti di Giove, non giunge alla copia e all'esattezza delle osservazioni di un Tycho, ragione per cui forse non intese il valore delle leggi scoperte da Keplero, appagandosi della concezione pitagorica delle orbite circolari dei pianeti, che l'ipotesi copernicana pareva convalidare. Ma il matematico, il fisico e l'astronomo, non sono che aspetti diversi del Galileo filosofo, che pensa la natura razionalmente comprensibile traverso*

*leggi matematiche semplici, e in concreto si sforza di riconoscerle. Egli raccoglie l'eredità di antichi precursori, di Platone e di Democrito, e fonde i loro insegnamenti in una sintesi feconda; egli non esprime la sua idea con teorie o formule astratte, ma intende a mostrarla valida nello sviluppo del sapere e perciò agisce tanto più fortemente sui filosofi e sugli scienziati che vengono dopo di lui: su Bacone e su Cartesio <sup>(1)</sup>, su Huygens e su Newton, nonchè sugli innumerevoli proscrittori del metodo sperimentale in tutti i campi della scienza: fisica, chimica e biologica.*

*Qui convien dire esplicitamente che metodo sperimentale, particolarmente nelle sue origini, non significa punto il rimettersi dell'intelligenza alle apparenze sensibili; nessun atteggiamento è più combattuto dal Nostro che questo fiacco empirismo dei peripatetici, cui si contrappone il principio razionalistico democriteo ἔννοια κριτήριον ζητησεως (il concetto criterio della ricerca). Il metodo galileiano suppone una verità ultrafenomenale, che può essere oggetto di dimostrazioni necessarie, e tuttavia deve accordarsi col fenomeno, cioè «salvare le apparenze»; è una specie di riduzione all'assurdo delle tesi del senso comune, o, come anche è stato detto, un giu-*

---

(1) Cfr. G. DE GIULI, *Cartesio*, Firenze, 1933; F. ENRIQUES, *Descartes et Galilée*, in «Revue de Métaphysique», 1937.

dizio d'Iddio in cui si sfida la Natura a mostrare qualcosa di diverso dalla previsione teorica, allorché sia interrogata in condizioni convenientemente disposte.

A questo concetto della scienza accennano diversi passi delle opere galileiane, dove si distinguono le « sensate esperienze » e le « concludenti dimostrazioni » o le « dimostrazioni necessarie ». Cito ancora le postille alle « Esercitazioni filosofiche di Antonio Rocco », ove l'A. dice che della eguale velocità di caduta dei gravi, indipendente dalla massa, fu « persuaso dalla ragione prima che assicurato dal senso », poichè si era formato un « assioma da non poter essere revocato in dubbio », cioè che la riunione di due masse eguali non può accrescere la velocità della caduta. Ed è chiaro che Galileo attribuisce alla mente umana, non le semplici facoltà di un intelletto logico, anzi una ragion matematica essenzialmente intuitiva, che possiede in sè qualcosa di divino. « La verità di che ci danno cognizione le dimostrazioni matematiche — dice nel dialogo dei Massimi Sistemi <sup>(1)</sup> — ell'è l'istessa che conosce la sapienza divina ;..... seppure....., il modo col quale Iddio conosce le infinite proposizioni delle quali noi conosciamo alcune poche, è sommamente più eccellente del nostro, il quale procede

---

(1) Opere, ed. naz., VII, pag. 129.



*con discorsi e con passaggi di conclusione in conclusione, dove il suo è di un semplice intuito..... ».*

*La garanzia del ragionamento matematico, o meglio del suo uso nella scienza della Natura, sta in ciò che gli oggetti del mondo reale sono essi stessi enti matematici: « La filosofia è scritta in quel grandissimo libro, che continuamente ci sta davanti agli 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 sono triangoli, cerchi ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile intenderne umanamente parola..... ».* (Op., VI, pag. 232).

*Quale sia più precisamente la veduta cosmica o metafisica qui adombrata, e come essa riprenda l'atomismo e il determinismo meccanico dell'antico Democrito, si desume (oltrechè da cenni diversi, per esempio dall'affermazione del « vacuo ») da alcuni passi del « Saggiatore », e in particolare da quello ove si spiega e giustifica (in maniera prettamente razionalistica) la distinzione delle proprietà della materia, che Loke chiamerà poi primarie e secondarie; « 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 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, 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 fussero scorta, forse il discorso e l'immaginazione non vi arriverebbe già mai. Per lo che vado io pensando che questi sapori, odori, colori, etc., per la parte del soggetto (oggetto) nel quale ci par che riseggano, non sieno altro che puri nomi, ma tengano solamente la residenza nei corpo sensitivo, si che rimosso l'animale, sieno levate ed annichilite tutte queste qualità » (1).*

*In questi passi dunque si palesa il disegno di una spiegazione meccanica universale apparentata coll'atomismo democriteo, lo stesso disegno che, teorizzato da Cartesio e temperato da Newton coll'ammissione di alcuni dati positivi, diverrà per due secoli il programma della scienza della natura. Del resto il nostro Pisano è consapevole di riprendere la dottrina dell'antico Abderita, anzi confessa, sia pure in forma prudente, di accettarne la concezione atomica.*

*Ma meglio ancora che dagli accenni diretti alla dottrina dell'atomismo e del determinismo meccanico,*

---

(1) *Op.*, VI, pag. 347.

la veduta cosmica galileiana, e la connessa esigenza razionalistica, si mostrano nel cammino delle sue scoperte e negli errori che vi sono indissolubilmente legati. Messo di fronte al problema della caduta dei gravi, Galileo tenta a priori due ipotesi che debbono spiegare la legge del moto accelerato: invero il criterio della semplicità della Natura, che è la fede scientifica del Rinascimento, suggerisce di assumere la velocità proporzionale allo spazio, ovvero al tempo trascorso nella caduta.

Galileo si appiglia anzitutto alla prima ipotesi, ma riesce a riconoscerne la falsità (chè essa porterebbe una legge esponenziale incompatibile colle circostanze del moto incipiente); e quindi viene condotto alla seconda ipotesi, da cui deduce la formula degli spazi proporzionali ai quadrati dei tempi, che sarà poi verificata dalle esperienze sul piano inclinato.

Un altro errore di Galileo è anche più istruttivo. Intendo parlare della tentata spiegazione del flusso e riflusso delle maree, nel dialogo dei Massimi sistemi, dove ei vedeva una bella conferma del sistema astronomico copernicano. Invero questo errore nasce dal presupposto che non sia legittimo di spiegare il fenomeno coll'attrazione della luna, introducendo in tal guisa le qualità occulte dei peripatetici. È lo stesso motivo per cui le menti più filosofiche, nei circoli cartesiani e leibniziani, ebbero a rifiutare più tardi la teoria della gravitazione newtoniana.

*Galileo, che pure nello studio particolare delle leggi della gravità aveva accettato questa forza come un dato, precorrendo così la concezione positiva di Newton (e per tale motivo doveva incorrere nella critica di Cartesio), repugnava dall'introdurre nel sistema cosmico una inesplicata azione a distanza, in antitesi coll'idea presupposta del meccanismo universale.*

*Qualcuno si meraviglierà che, per chiarire il pensiero di Galileo, sembriamo dare altrettanto o maggior peso ai suoi errori che alle verità discoperte; ma questa meraviglia non può toccare il filosofo per cui verità ed errore sono soltanto momenti solidali ed opposti dello sforzo scientifico. Il quale non si può intendere e valutare giustamente da chi ritenga l'errore come pura macchia da denunziare o da coprire di velo pudico, anzichè scorgerne il significato proprio in ordine alla mente dell'autore.*

*Se ora ci volgiamo a dichiarare nella sua sintesi che cosa importi lo sforzo di Galileo per comprendere il mondo, e quale sia insomma il frutto che ne raccoglie per la scienza, troviamo due risultati indissolubilmente congiunti: la scoperta delle leggi della dinamica e la dimostrazione del sistema copernicano. Male argomentano, a nostro avviso, coloro che intendono separare la scoperta delle dette leggi dalla giustificazione dell'ipotesi di Copernico.*

*Certo questa ipotesi, così conforme al criterio della semplicità della Natura, ha colpito di buon'ora*

la mente del filosofo Pisano, e molte osservazioni venivano per lui a confortarla. Ma le buone ragioni che così si aggiungevano le une alle altre, restavano ancora nell'ordine delle idee geometriche o cinematiche, dove insomma domina la relatività matematica; e Galileo sentiva imperioso il bisogno di dimostrarne la realtà fisica, deducendone e verificandone le conseguenze meccaniche. Nella lotta che, per questo scopo, egli ha intrapreso contro i peripatetici, conviene scorgere non tanto una polemica con esterni avversarii, quanto una battaglia che dovette prima combattersi entro lo spirito stesso del filosofo, contro il paradosso delle idee nuove che venivano a urtare inveterate abitudini di pensiero. Gli argomenti peripatetici oppongono invero all'ipotesi copernicana le apparenze sensibili, secondo le quali la terra, nella sua corsa, dovrebbe lasciarsi dietro tutti gli oggetti, e un grave discendendo a perpendicolo dall'alto di una torre dovrebbe toccare il suolo assai in dietro dal piede della verticale. Il sistema copernicano porta con sé l'esigenza di distruggere questi argomenti; da questa esigenza scaturiscono appunto le leggi della dinamica, e quel che in esse sembra più remoto dall'esperienza di tutti i giorni: il principio d'inerzia e il principio di relatività, che formano insomma una sola scoperta. L'eminente storico e critico Ernesto Mach ritiene che l'idea dell'inerzia si sia presentata a Galileo come caso limite del moto accelerato e ritardato sopra

*un piano inclinato, che diventi orizzontale. Infatti questa considerazione ricorre nel dialogo dei Massimi Sistemi (1); ma essa serve di preludio alle discussioni sul moto relativo, in cui vedonsi comporre due moti diversi, che è appunto l'oggetto dei ragionamenti della Seconda Giornata (2): i quali conducono all'affermazione che una palla lanciata da un pezzo d'artiglieria si moverebbe all'infinito di moto rettilineo (uniforme), se non fosse deviata dalla gravità. È chiaro che il principio, così enunciato, non è già ritenuto come legge puramente astratta, bensì è messo in rapporto colla composizione che ad ogni istante si fa del moto inerziale coll'accelerazione impressagli dalle forze che agiscono sopra di lui.*

*In tal guisa l'inerzia appare come il presupposto della relatività che l'A. ci spiega in più luoghi ed in ispecie in un celebre passo dello stesso dialogo: « Riserratevi con qualche amico nella maggiore stanza che sia sotto coperta di alcun grande naviglio, e quivi fate d'aver mosche, farfalle, ed altri simili animaletti volanti;..... e stando ferma la nave osservate come quelli animaletti volanti con pari velocità vanno verso tutte le parti della nave..... Osservate che avrete diligentemente tutte queste cose, benchè niun dubbio ci sia che mentre il vascello sta fermo*

---

(1) *Op.*, c., pag. 175.

(2) *Ib.*, pag. 127-201.

*non debbano succedere così, fate mover la nave con qualsivoglia velocità; che (pur che il moto sia uniforme e non fluttuante in qua e in là) voi non riconoscerete alcuna mutazione in tutti li nominati effetti, nè da alcuno di quelli potrete comprender se la nave cammina o pure sta ferma.....».*

*Dunque: principii della dinamica e giustificazione del sistema copernicano, si congiungono indissolubilmente nel pensiero di Galileo, e male si avventura la critica a scioglierne il nesso. Tuttavia taluno potrà obiettare: non c'è qui una vera dimostrazione dell'ipotesi bensì la rimozione degli ostacoli che impediscono di accettarla. Ma appunto la difficoltà principale ad accogliere la veduta di Copernico, era proprio nel paradosso delle conseguenze meccaniche che sembravano risultarne. E d'altronde la logica di Galileo, come quella dei grandi razionalisti contemporanei, Keplero e Cartesio, non altro appunto richiedeva come prova della verità, se non la deduzione matematica da ipotesi semplici e l'accordo delle conseguenze coi fenomeni. Né forse si può chiedere più di questo anche alla teoria della gravitazione newtoniana, sebbene sia ovvio — e torna a merito del precursore — che lo sviluppo di queste dottrine sorte dalla dinamica di Galileo, porti al sistema sempre più larghe e varie conferme.*

*Non vi è mai pel filosofo accertamento assoluto di una teoria scientifica, e neppure un punto preciso*

*in cui essa viene per la prima volta dimostrata nella storia. Ma il valore relativo della dimostrazione si accresce ove questa contenga i motivi di sempre nuove convalide. Fra i grandi uomini che formano la triade dei più famosi scienziati copernicani — Galileo, Keplero e Newton — è toccato a quest'ultimo di sistemare e spiegare i fenomeni nel quadro di una teoria conclusiva; ma, per quel che concerne il sistema geocentrico, il sommo Inglese si trova di fronte a una questione giudicata; Galileo invece è nel centro della battaglia. Egli ha assolto il compito non meno difficile del filosofo, che deve superare il senso comune e portare il problema sopra un terreno su cui diventa possibile di risolverlo.*

F. ENRIQUES.

GALILEO GALILEI nacque a Pisa il 15 febbraio 1564, e seguì colà gli studi di medicina, filosofia e matematica. I suoi primi scritti del triennio 1584-87 provano già la familiarità con le opere di Archimede che egli in qualche punto prosegue. Lettore di matematica a Pisa (1589), chiede ed ottiene nel 1592 la cattedra di matematica all'Università di Padova, e in quel celebre studio trascorre, come egli stesso confessa, il periodo più tranquillo della sua vita. In questo periodo ebbero origine le principali sue scoperte e furono meditate le opere che molto più tardi vennero alla luce. Negli ultimi anni del sog-



giorno a Padova, grazie al perfezionamento che egli portò al telescopio, poté iniziare quelle osservazioni dei pianeti che tanto contribuirono alla sua gloria.

Il desiderio di tornare in Toscana lo indusse ad accettare, nel luglio 1610, la nomina a matematico dello studio di Pisa, senza obbligo di leggere o risiedere colà.

Ben presto però, dopo gli anni sereni, comincia l'ultimo periodo tempestoso della sua vita. Il 25 febbraio 1616 il S. Uffizio pronunciò la censura contro il sistema copernicano ed ingiunse a Galileo, che ne era sostenitore, di astenersi dal difenderlo o insegnarlo. Per vari anni egli ubbidì. Ma la pubblicazione, pur con la licenza dei superiori, del celebre *Dialogo sui Massimi Sistemi* riaccese nel 1632 le passioni. Per intimazione del S. Uffizio Galileo viene a Roma, dove è costretto a pronunciare l'abiura il 22 giugno 1633. La condanna al carcere fu commutata nella pena del confino, prima a Roma, poi a Siena, infine a Firenze (Arcetri) dove ritornò nel 1638 per trascorrervi, ormai cieco e malato, gli ultimi anni della vita. Durante il periodo tormentato del confino poté condurre a termine *I discorsi e dissertazioni matematiche intorno a due nuove scienze*, di cui riprodurremo la parte più importante in un secondo volume. L'opera, a cui egli meditava da 40 anni, apparve nel 1638 a Leida, coi tipi degli Elzeviri.

Quattro anni dopo Galileo morì in Arcetri l'8 gennaio 1642.