



Università
degli Studi
di Ferrara

Dipartimento
di Matematica
e Informatica

RUGGIERO GIUSEPPE BOSCOVICH (1711-1787)

Un gesuita ambasciatore dell'ottica e
dell'astronomia newtoniana



A cura di: **Alessandra Fiocca**

Con la collaborazione di:

Michela Borghesi, Vincenzo Bruno, Luca Collaro,
Giulia Contro, Lorena Goldoni, Stefano Guerrini, Silvia Locatelli,
Valeria Manfredini, Michela Milandri, Elisa Perticarari, Michele Piovan,
Alessia Pregnolato, Edoardo Sacchetto, Roberto Savorelli, Marco Vitucci

UN ORIGINALE INTERPRETE DI NEWTON



Alla maggior parte degli scienziati di oggi il nome di Ruggiero Giuseppe Boscovich è sconosciuto, mentre il suo pensiero scientifico ha raccolto grande interesse e consenso da parte di uomini di scienza come Faraday, Maxwell, Kelvin, Hamilton.

Nel primo decennio del suo insegnamento al Collegio Romano (1740-1750), Boscovich si adoperò per divulgare e far accettare, superando i divieti formali della Chiesa, l'ottica e l'astronomia newtoniana.

Nel nuovo Indice dei libri proibiti (1758), forse anche grazie all'influenza dello scienziato, fu tolta l'interdizione che fino ad allora gravava, sull'ipotesi del moto della terra.

Fu con l'elezione del nuovo Papa, Benedetto XIV (agosto 1740), che si cominciò a respirare a Roma un clima di relativo disgelo e Boscovich vide aprirsi la via del successo accademico e mondano. Nell'ambiente romano degli anni quaranta Boscovich riuscì a farsi conoscere e ad affermarsi non tanto

in quanto scienziato, ma come brillante verseggiatore latino. Frequentò l'ambiente cardinalizio che aveva rapporti in tutta Europa, Silvio Valenti Gonzaga, Alessandro Albani, Domenico Passionei. Ebbe importanti commesse, fu nominato ispettore dei lavori di restauro della Cupola di San Pietro, e nel 1750 partì per una campagna di misure dell'arco di meridiano tra Roma e Rimini dando così il suo personale contributo alla discussione sulla forma della terra.

Negli anni sessanta compì un lungo viaggio attraverso l'Europa. Soggiornò a Parigi, Londra, Costantinopoli, ricevendo incarichi sia diplomatici sia scientifici come l'osservazione del transito di Venere attraverso il disco solare che doveva servire al calcolo della distanza Terra-Sole. Come astronomo, oltre ad aver progettato e organizzato l'Osservatorio astronomico di Brera, ricordiamo la sua teoria sulla traiettoria delle comete che servì a ricavare i dati del nuovo corpo celeste che si dimostrò essere un pianeta, Urano (1781).

Elementi caratteristici del suo pensiero fisico-matematico, enfatizzati da una certa storiografia, sono la teoria dell'atomo come punto geometrico, centro di forza, in opposizione all'idea di atomo come minuscolo corpo materiale, e la teoria della relatività del moto e dello spazio.

Ma Boscovich va ricordato anche per la sua attività di insegnante di matematica che lo ha portato a scrivere per i suoi studenti poderosi trattati. Anche in questi appare l'originalità del suo pensiero. La teoria delle sezioni coniche viene da lui trattata in maniera unitaria, introducendo una trasformazione piana (il cosiddetto "cerchio eccentrico") per ricondurre le proprietà di queste curve alle ben note proprietà del cerchio.

A handwritten signature in black ink on a light-colored background. The signature reads "Ruggiero Giuseppe Boscovich" in a cursive script. Below the name, there are some smaller, less legible markings that appear to be "d. a. B. a. di Sera".

BOSCOVICH: UNA VITA PER LA SCIENZA

	1711	Il 18 maggio nasce a Ragusa.
1714	1720	Inizia gli studi presso il collegio gesuitico (<i>Collegium Ragusinum</i>).
Fine della guerra di successione spagnola	1725	Si trasferisce a Roma, presso i gesuiti.
	1730	Studia matematica sotto la guida di Orazio Borgondio
1733 - 1738	1732	Inizia ad insegnare nella scuola secondaria del <i>Collegium Romanum</i> .
	1735	Pubblica i suoi primi <i>Carmina</i> , inserisce nei poemetti osservazioni fisiche e astronomiche.
	1737	Osserva il transito di Mercurio, pubblicando poi <i>De Mercurii novissimo infra solem transitu</i> .
Guerra di successione polacca	1740	Gli viene assegnata la cattedra di matematica presso il <i>Collegium Romanum</i> , lasciata vacante da Orazio Borgondio.
	1742-43	Benedetto XIV gli chiede di redigere una perizia, con altri due matematici Thomas Le Seur e François Jacquier, sulle cause di debolezza della cupola della basilica di San Pietro. La perizia pubblicata, nello stesso anno, nel <i>Parere di tre Matematici sopra i danni che si sono trovati nella Cupola di S. Pietro</i> , è considerata, per certi versi, il primo testo della moderna ingegneria civile. Nel 1743 i tre matematici pubblicano un nuovo testo sulla perizia svolta, intitolato <i>Riflessioni sopra alcune difficoltà spettanti i danni, e Risarcimenti della Cupola Di S. Pietro</i> .
1740 - 1748	1744	Professa i "quattro voti", diventando così membro della Compagnia di Gesù.
	1749	Gli viene commissionata con il confratello Christopher Maire la misurazione di un arco di meridiano e la preparazione di una nuova carta geografica dello Stato Pontificio. Le misurazioni dell'arco di meridiano terminano nel 1752, mentre i risultati delle misurazioni, completi della carta geografica, vengono pubblicate nel 1755 nel <i>De litteraria expeditione</i> .
	1752-54	Pubblica <i>Elementa universae matheseos</i> in tre volumi.
1756 - 1763	1756-58	La repubblica di Lucca interpella Boscovich come esperto di idrologia per mettere fine ad una disputa sul possesso di corsi d'acqua confinanti tra la medesima Repubblica e il Granducato di Toscana. Si reca diverse volte a Vienna per risolvere a favore della repubblica di Lucca la "controversia delle acque". Sempre a Vienna nel 1758 pubblica il suo trattato di filosofia naturale <i>Philosophiae Naturalis Theoria redacta ad unicam legem virium in natura existentium</i> .
	1759-60	Soggiorna a Parigi per dieci mesi, frequenta l' <i>Académie des Sciences</i> e stringe legami molto importanti con diplomatici e scienziati francesi.
	1760	Viene eletto membro onorario dell'Accademia delle Scienze di San Pietroburgo. Sempre nello stesso anno si reca a Londra, dove rimane per sette mesi, viene eletto membro della <i>Royal Society</i> .
	1761	Viaggia attraverso l'Europa per arrivare a Costantinopoli, dove intende osservare il transito di Venere davanti al Sole. Non ci riuscirà perché arriverà in ritardo nella capitale ottomana.
	1762	Dopo aver trascorso sette mesi a Costantinopoli, riparte intraprendendo un viaggio, che lo porta ad attraversare l'Europa dell'Est, fino a Varsavia. Questo viaggio è descritto nel suo libro <i>Giornale di un viaggio da Costantinopoli in Polonia</i> pubblicato prima in francese nel 1772 e poi in italiano nel 1784.
	1763-64	Viene chiamato all'università di Pavia, per ricoprire la cattedra di Matematica. Frequenta, anche, il collegio di Brera dei gesuiti e progetta la costruzione dell'osservatorio astronomico nell'ala sud-est del palazzo di Brera.
	1769	Viene nominato professore di matematica nelle scuole Palatine di Milano. Nel frattempo insegna anche astronomia presso l'Osservatorio Astronomico. In luglio si reca per la seconda volta a Parigi per motivi di salute.
Guerra dei sette anni	1772	Gli viene tolta la direzione dell'Osservatorio Astronomico di Brera, a causa di dissidi con i colleghi della Specola. Decide, allora, di dimettersi dall'incarico di insegnante all'Osservatorio.
	1773	Si trasferisce a Parigi, dove gli viene offerta la carica di direttore dell'Ottica Navale della Marina francese.
	1782	Si reca in Italia, per pubblicare la sua ultima grande opera di ottica e astronomia, <i>Opera pertineria ad opticam et astronomiam</i> che uscirà in 5 volumi tra il 1783 e il 1785.
	1783	Visita molte città italiane, tra cui Ferrara, Bologna e Firenze.
	1785	Torna a Milano, le sue condizioni di salute peggiorano rapidamente.
1773	1787	Il 13 febbraio muore a Milano per un accesso polmonare. Viene sepolto nella chiesa di Santa Maria Podore, a Milano. Complessivamente ha pubblicato oltre 100 opere tra articoli e monografie su temi di matematica, astronomia, ottica, fisica, filosofia naturale, archeologia, tecnica ingegneristica e architettura.
L'ordine dei gesuiti viene soppresso dal papa Clemente XIV	1783	
	1785	

IL SETTECENTO UN SECOLO DI GUERRE



F. Gonin, La battaglia di Torino del 1706



H. de La Pegna, L'assedio di Pizzighetone del 1733



P. Lenfant, La battaglia di Fontenoy del 1745



Il Principe Eugenio di Savoia attraversa le alpi con l'esercito asburgico nel 1701

La prima metà del Settecento è caratterizzata da tre guerre di successione per i troni spagnolo, polacco e austriaco in cui l'Italia rappresenta sovente merce di scambio. Nella seconda metà del secolo è combattuta la guerra dei Sette Anni, definita la prima vera guerra mondiale.

Guerra di successione spagnola (1701-1714)

Scoppia dopo la morte di Carlo II d'Asburgo che non ha eredi diretti al trono. Luigi XIV vuole unire Francia e Spagna e sostiene come erede Filippo V Borbone. Austria, Inghilterra, Province Unite, Portogallo e Savoia, per contrastare Luigi XIV, formano la Grande Alleanza, sostenendo come erede Leopoldo I d'Asburgo. Durante la guerra la Francia subisce molte sconfitte, ma nel 1712 l'Inghilterra esce dalla guerra, così i due schieramenti decidono di firmare due trattati di pace: Utrecht e Rastatt. Filippo V diventa re di Spagna, ma il regno spagnolo perde gran parte dei possedimenti europei.

Guerra di successione polacca (1733-1738)

Scoppia dopo la morte di Augusto II. A contendersi il trono vi sono Augusto III, appoggiato da Austria, Prussia e Russia, e Stanislao Leszczyński, appoggiato da Francia e Spagna. La guerra è combattuta principalmente in Italia e nel trattato di pace di Vienna vi è uno scambio di territori italiani, gli Asburgo cedono alla Spagna il regno di Napoli e la Sicilia, mentre i Borboni cedono all'Austria il ducato di Parma e Piacenza. In Polonia a salire al trono è Augusto III.

Guerra di successione austriaca (1740-1748)

Scoppia a causa dell'ascesa al trono di Maria Teresa d'Asburgo. Carlo Alberto di Baviera, aspirante al trono, non accetta la "prammatica sanzione" che prevede un rigido principio di primogenitura. Carlo Alberto è appoggiato dai Borboni e dalla Prussia che ha mire espansionistiche. Con Maria Teresa d'Asburgo si schierano Inghilterra, Province Unite, il regno di Russia e il regno di Sardegna. La guerra si conclude con il trattato di pace di Aquisgrana. Viene riconosciuta da tutti gli stati la "prammatica sanzione", la Slesia viene ceduta dagli Asburgo alla Prussia e il regno di Sardegna ottiene Piacenza e parte della Lombardia.

Guerra dei Sette Anni (1756-1763)

Coinvolge le principali potenze europee. Il conflitto nasce perché Maria Teresa d'Asburgo vuole riappropriarsi della Slesia. A questi contrasti si aggiunge la rivalità coloniale tra Inghilterra e Francia, che porta ad una inconsueta alleanza tra Borboni e Asburgo per contrastare l'Inghilterra e la Prussia. Con il trattato di Hubertusburg termina il conflitto tra Prussia e Austria, senza nessun cambiamento territoriale. Il conflitto tra Inghilterra e Francia termina con il trattato di pace di Parigi. La Francia cede all'Inghilterra tutti i suoi possedimenti dell'America Settentrionale.

L'ILLUMINISMO E LE CHIESE

I rapporti tra le Chiese e l'Illuminismo furono molto difficili. Gli illuministi, essendo deisti, credevano in un Dio senza la Chiesa e rifiutavano il Cristianesimo ritenuto origine degli errori, dei pregiudizi e della superstizione. Per questo motivo i cattolici e gran parte dei protestanti non accettarono il pensiero degli illuministi.

I Philosophes e l'Encyclopédie

I principali pensatori illuministi sono definiti *philosophes*, il loro manifesto è l'*Encyclopédie* (1751) scritto da Diderot e D'Alembert con la collaborazione di altri *philosophes*. L'*Encyclopédie* fu messa all'indice da Benedetto XIV il 13 marzo del 1752, assieme ad altre opere di importanti illuministi, come *De l'esprit des lois* (1748) di Montesquieu. Voltaire nel suo *Dictionnaire philosophique* introduce il termine "Inquisizione" scrivendo:

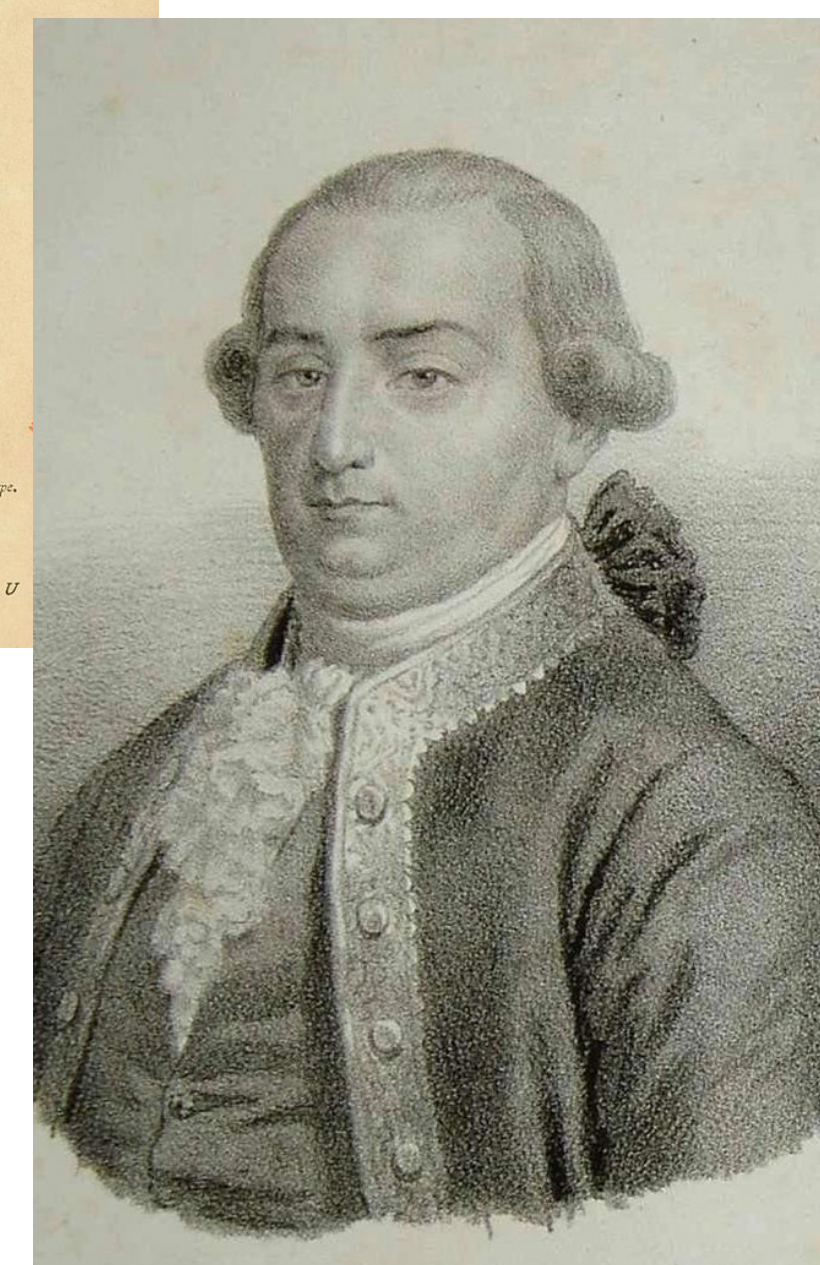
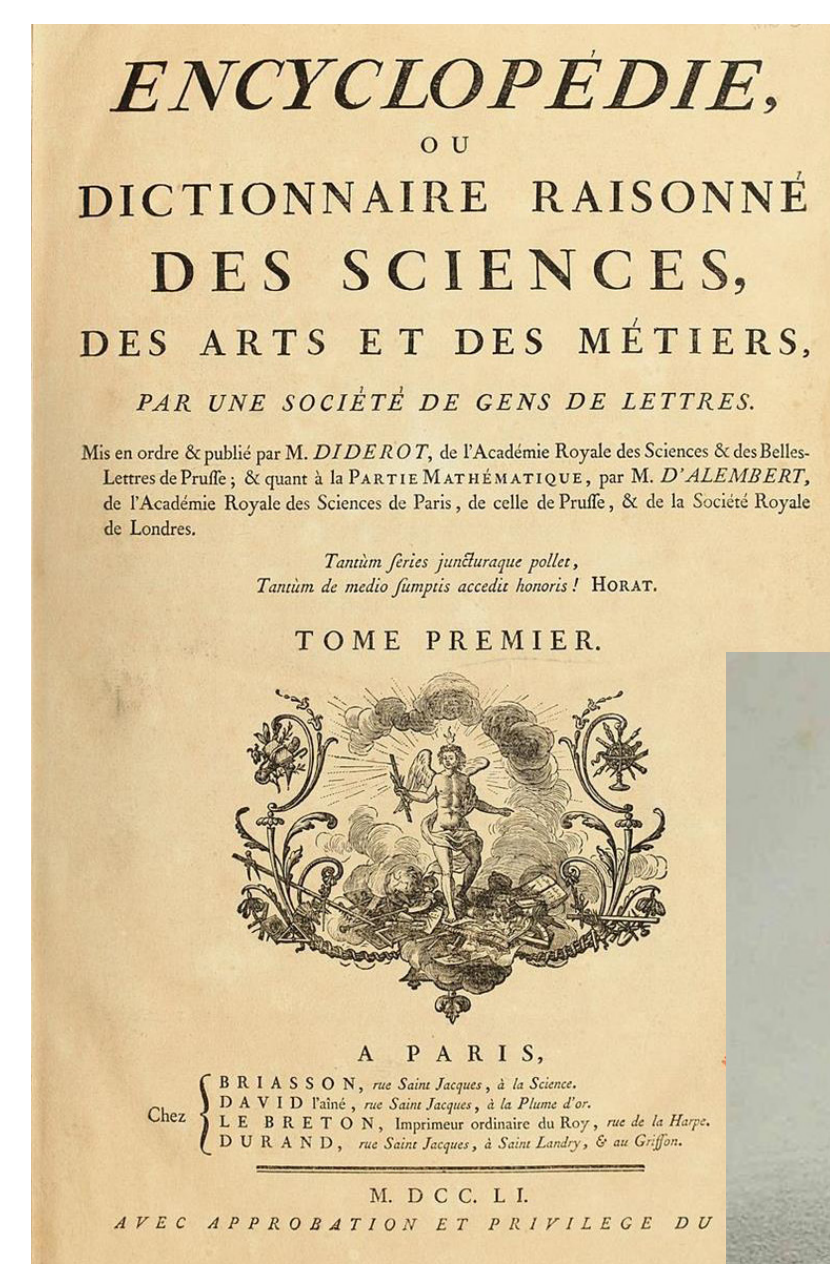
«L'Inquisizione è, come si sa, un'invenzione mirabile e autenticamente cristiana per rendere più potenti il papa e i monaci e per rendere ipocrita un intero regno»

Il rapporto tra l'Illuminismo e i Gesuiti

L'irrigidimento di Benedetto XIV nei confronti dei *philosophes* avvenne anche perché questi ultimi entrarono in contrasto con i gesuiti. Gli illuministi privilegiavano la conoscenza e la ragione, per questo respingevano i dogmi e osteggiavano le organizzazioni religiose, tra cui vi era la Compagnia di Gesù. I gesuiti pur essendo divulgatori di sapienza, erano intransigenti difensori del primato papale. La loro unità e la loro disciplina li faceva apparire come una sorta di società segreta.

La soppressione della Compagnia di Gesù

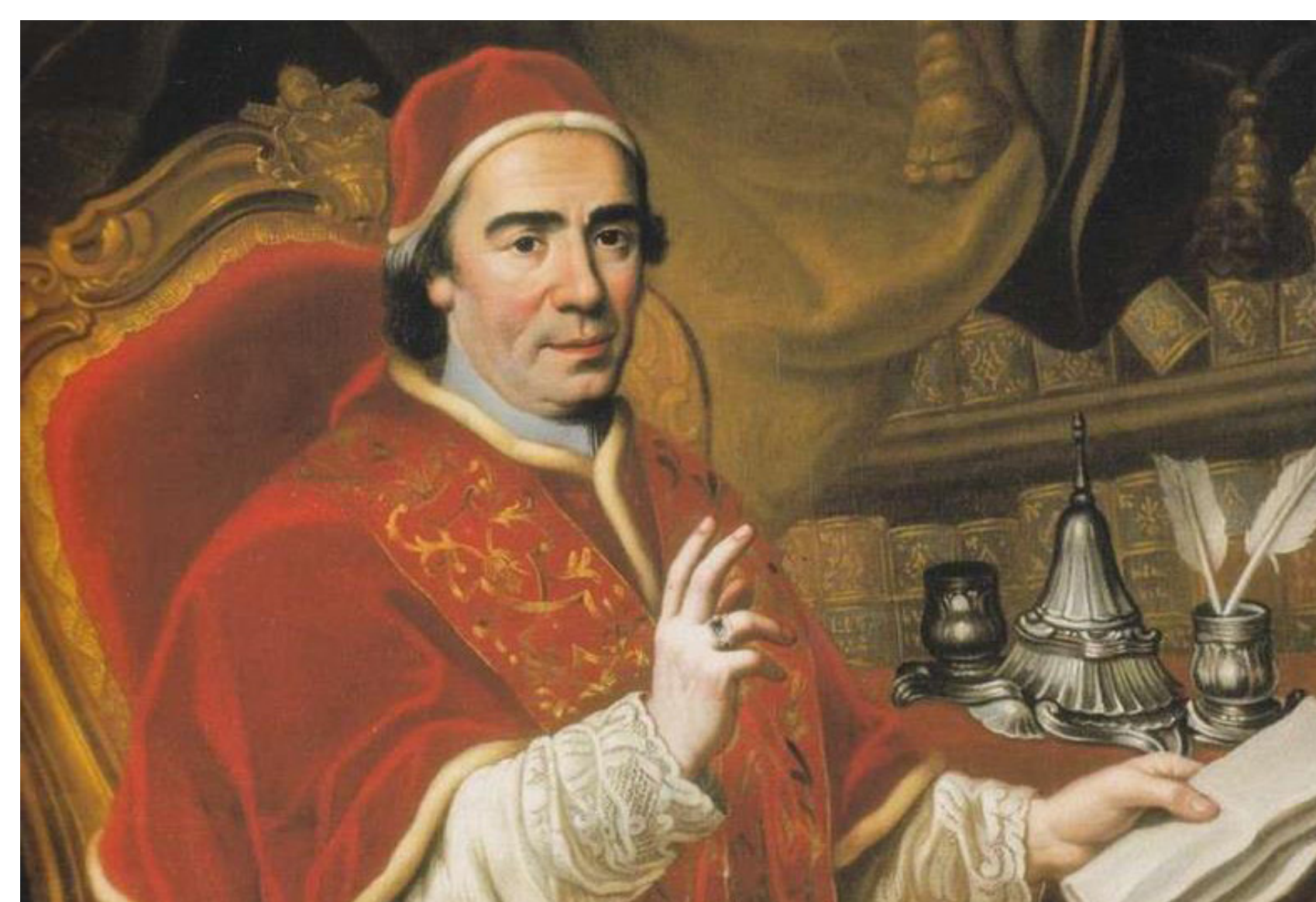
I motivi principali d'ostilità nei confronti dei gesuiti nell'Europa del Settecento erano la loro ricchezza e la forte influenza che esercitavano a Roma e in molte corti europee. I governi dell'Europa cattolica, sempre più centralizzati, non tolleravano la presenza di un organismo così influente e contrario all'esistenza di stati sovrani. Il primo atto ostile nei confronti dei gesuiti avvenne in Portogallo. Nel 1757 il capo del governo portoghese allontanò dalla corte i gesuiti. Due anni dopo espulse definitivamente tutti i membri dell'ordine dal Portogallo. La Francia e la Spagna mostrarono la loro ostilità nei confronti dei gesuiti, abolendo l'ordine tra il 1762 e il 1767. Papa Clemente XIV, più debole rispetto ai precedenti pontefici, di fronte alle pressioni di Francia e Spagna, fu costretto a cedere e il 23 luglio 1773, con il breve *Dominus ac Redemptor*, abolì la Compagnia di Gesù in tutta l'Europa Cattolica.



Cesare Beccaria (1738-1794), il massimo esponente dell'illuminismo italiano



P. Subleyras, Papa Benedetto XIV (1675-1758)



Anonimo, Papa Clemente XIV (1705-1774)



C. G. Lemonnier, Une soirée chez Madame Geoffrin

I GESUITI E I LORO COLLEGI



Ignazio di Loyola (1491-1556)

Nasce la Compagnia di Gesù

Il 15 agosto 1534 **Ignazio di Loyola** e sei fedeli discepoli si incontrano a Montmartre legandosi reciprocamente con un voto di povertà e castità: questa data è considerata l'atto di nascita della **Compagnia di Gesù**. L'ordine religioso fu approvato da papa Paolo III con la bolla *Regimini militantis ecclesiae* (1540).

La storia dei Gesuiti si divide in due periodi: dal **1540** alla soppressione nel 1773; dal ristabilimento nel 1814 ai nostri giorni.

I Collegi dei Gesuiti

Il collegio, inteso come luogo di permanenza nel quale all'istruzione potesse congiungersi un'educazione data sotto sorveglianza continua dei Padri, fu il mezzo giudicato il più adatto alla formazione dei giovani. Il primo Collegio dei Gesuiti fu quello di Messina fondato nel 1548. Tra il 1548 e il 1556 vennero fondati nella penisola 23 collegi tra cui uno a Ferrara. Nel **1551** fu aperto il **Collegio Romano**, destinato ad avere un ruolo guida.

Nel **1599** fu pubblicata la *Ratio Studiorum* che costituì il codice didattico completo e particolareggiato che regolò l'istruzione gesuitica per più di due secoli.

Il corso di studi durava tredici anni: il **corso inferiore** durava sei anni, seguivano i tre anni del **corso di filosofia** e i quattro del **corso di teologia**.

Tra le necessità strategiche della formazione scolastica gesuitica presenti nella *Ratio Studiorum*, spicca l'importanza attribuita alla retorica quale strumento per raggiungere l'obiettivo principale della *perfecta eloquentia*. Un'importante esercitazione era la **declamazione** che consisteva in un discorso retorico, eseguito in pubblico o in una recita interpretata e trasformata in rappresentazione scenica. Il **teatro** era considerato uno strumento educativo dove perseguire la maturazione umana, intellettuale e religiosa degli studenti.

Cristoforo Clavio fu una delle figure più rappresentative della matematica del suo tempo. Fondatore della scuola matematica gesuitica, essendosi impegnato affinché la Compagnia di Gesù accettasse un'elevata valutazione delle discipline matematiche nella *Ratio Studiorum*, si adoperò per diffondere e ampliare gli studi matematici nelle scuole del continente.

Dopo il collegio di Messina, altri collegi vennero aperti in tutta Europa, in Francia, Germania, Austria, Penisola Iberica ed Europa dell'Est: la Compagnia di Gesù era ormai la punta avanzata della riscossa cattolica, in Occidente come in Oriente.

Il filosofo **René Descartes (Cartesio) (1596-1650)** studiò nel Collegio di La Flèche, in Francia, e nel *Discorso sul metodo* descrive criticamente l'insegnamento ricevuto nel collegio che era, egli scrive, "una delle più famose scuole d'Europa".



Il palazzo, sede del Collegio Romano



Cristoforo Clavio (1538-1612)

UN'ACCADEMIA PER DIVULGARE IL NEWTONIANESIMO

L'Accademia Arcadia: non solo un circolo letterario!

L'Arcadia fu fondata a Roma nel 1690, in gran parte ad opera del giurista Gian Vincenzo Gravina e del poeta Giovanni Mario Crescimbeni, in nome del rifiuto verso lo stile Barocco e a favore del **sublime e del bello**, con il ritorno ai Classici. Non si trattava di un nostalgico circolo culturale, ma una vera e propria **società intellettuale** di elevato prestigio.

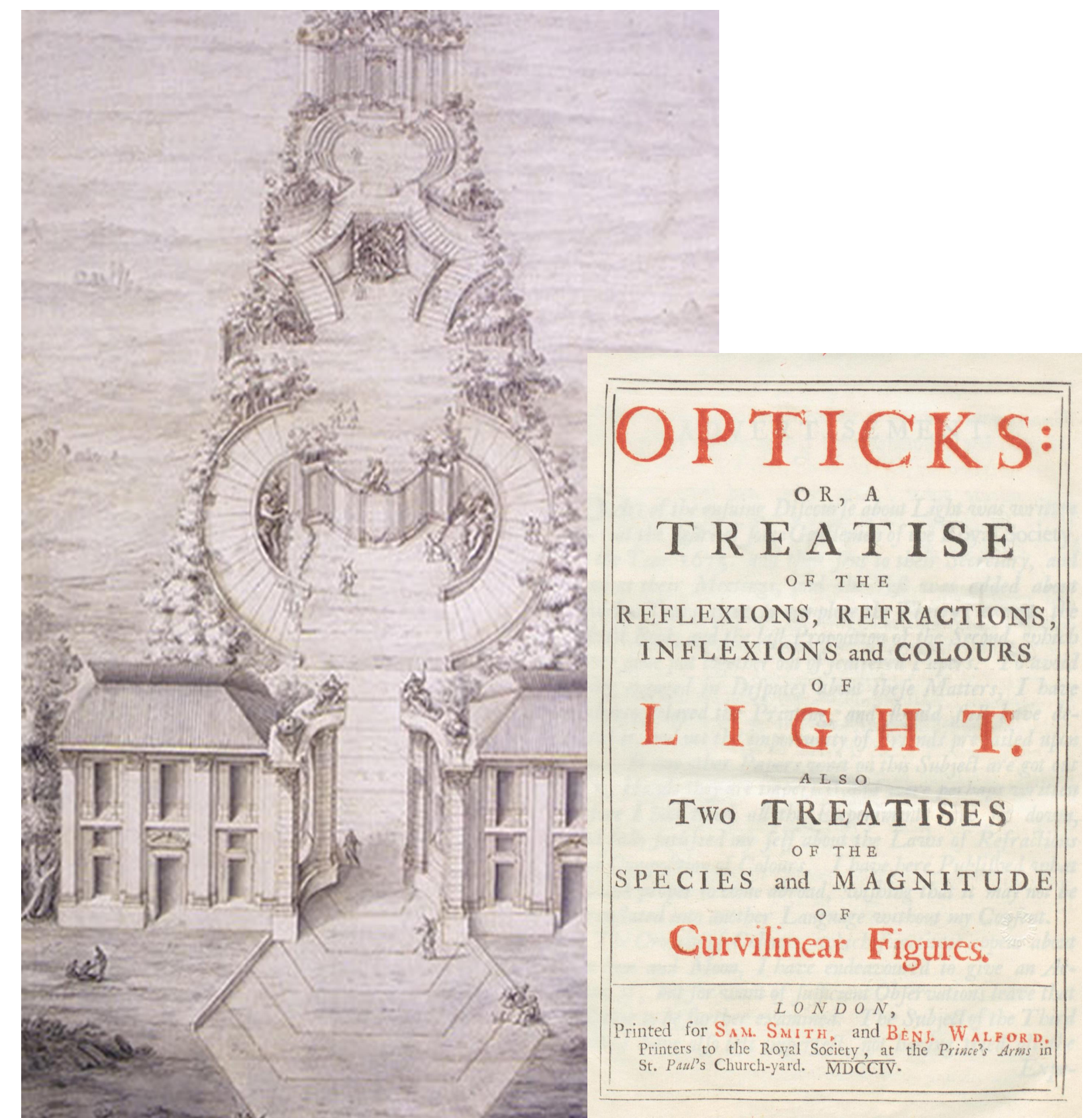
Diventare membro dell'Arcadia era un onore riservato a pochi, illustri intellettuali e ad alte cariche politiche ed ecclesiastiche; tra i membri più celebri ricordiamo Carlo III re di Napoli e Giuseppe II D'Asburgo. Ai soci veniva assegnato un "**nome arcadico**": così Vittorio Alfieri era *Filacrio Eratrastico*, Carlo Goldoni era *Polisseno Fegejo*, Giulio Carlo Fagnani era *Floristo Gnausonio*. **Voltaire** divenne membro (*Museo Pegaside* il suo nome) lo stesso anno di Boscovich (1746), certamente anche grazie ai buoni uffici di quest'ultimo, come si evince dalla lettera di ringraziamento che Voltaire gli inviò.

La divulgazione del Newtonianesimo

Copernico e **Galileo** avevano rivoluzionato la concezione del sistema solare ponendo il sole al centro e la terra e tutti i pianeti in rotazione attorno al sole; questo modello cosmologico, associato alle scoperte di Keplero e alla teoria di gravitazione universale di Newton, produssero un **modello perfettamente coerente del sistema solare**.

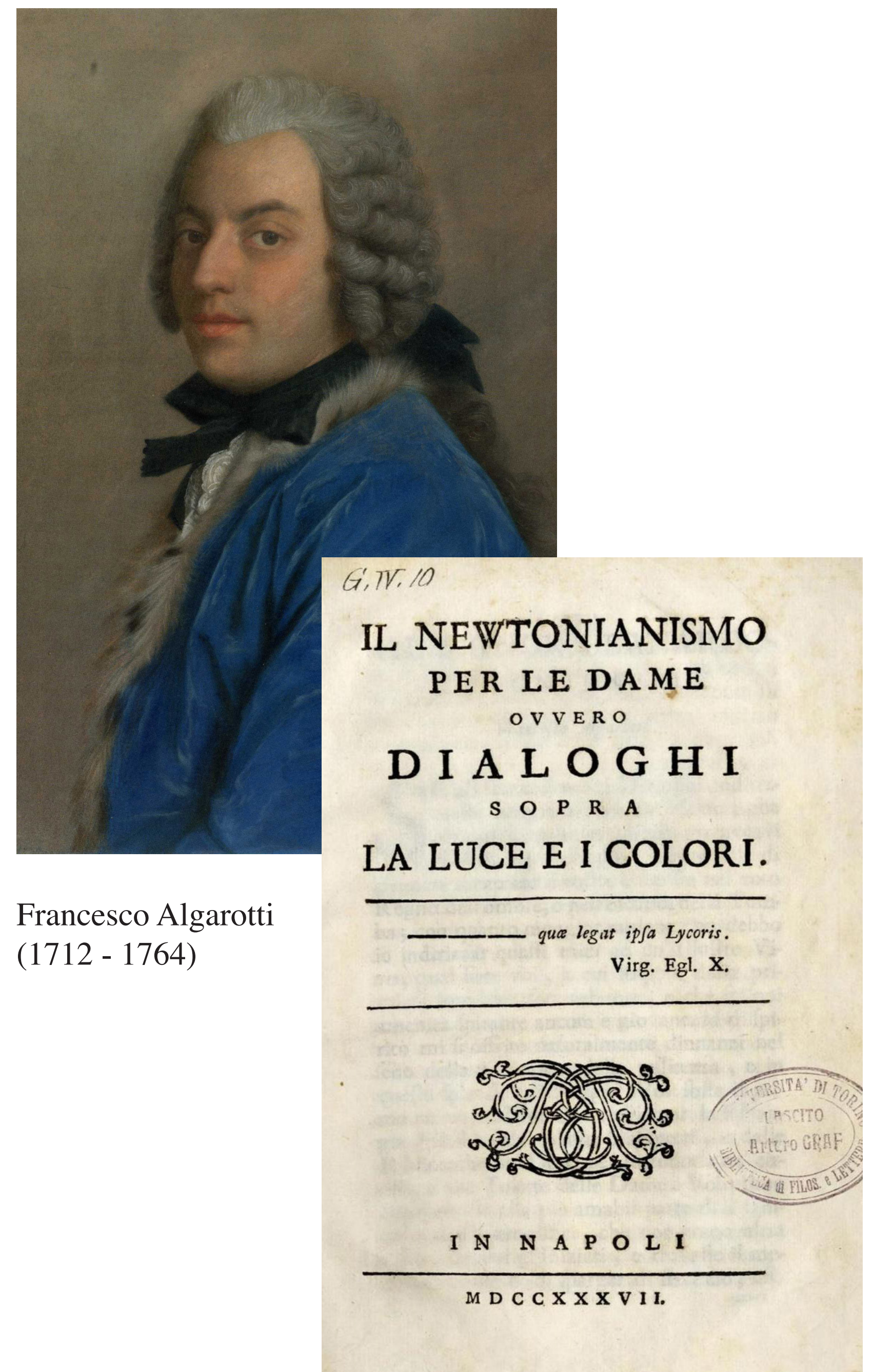
Negli anni del suo insegnamento al Collegio dei Gesuiti a Roma Boscovich si adoperò per diffondere l'ottica e l'astronomia newtoniana cercando delle vie per superare i divieti della Chiesa. *Numenio Anigreo*, questo il suo nome arcadico, trovò nell'Arcadia un luogo di **lettura e di divulgazione** delle proprie opere. Vi lesse il suo poema latino *De Solis ac Lunae Defectibus* (*Sulle Eclissi di Sole e di Luna*) che rappresenta un'esposizione in versi della fisica newtoniana.

Non fu il solo. Negli stessi anni anche **Francesco Algarotti**, nobile veneziano, si cimentò come divulgatore newtoniano con la sua opera *Il newtonianismo per le dame* (1737), in cui esponeva elementarmente le esperienze del prisma, la teoria dei colori, la spiegazione fisico-matematica dell'arcobaleno.



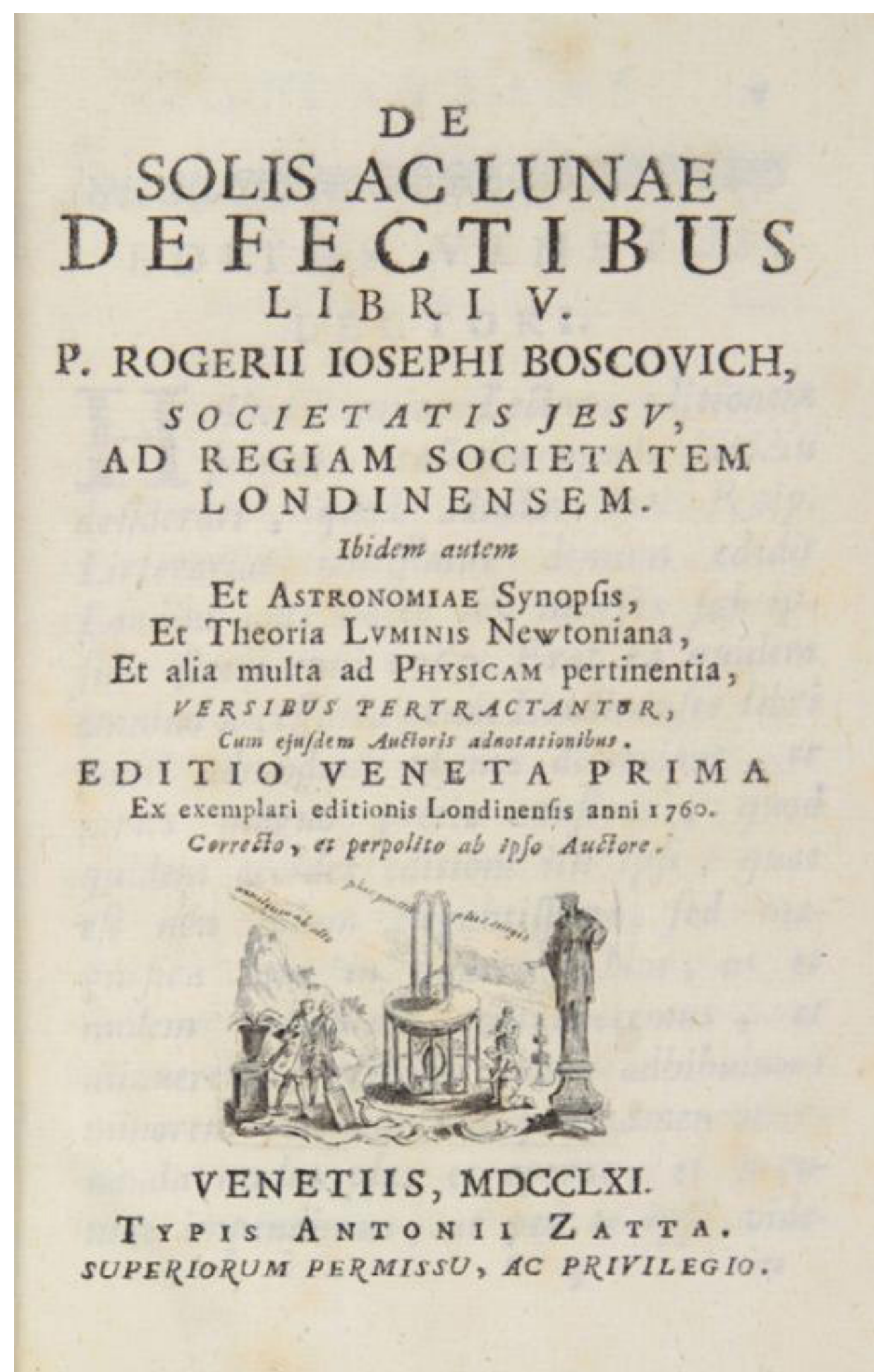
Bosco Parrasio sede dell'Arcadia dal 1725

Prima edizione dell'ottica di Isaac Newton



Francesco Algarotti (1712 - 1764)

DE SOLIS AC LUNAE DEFECTIBUS

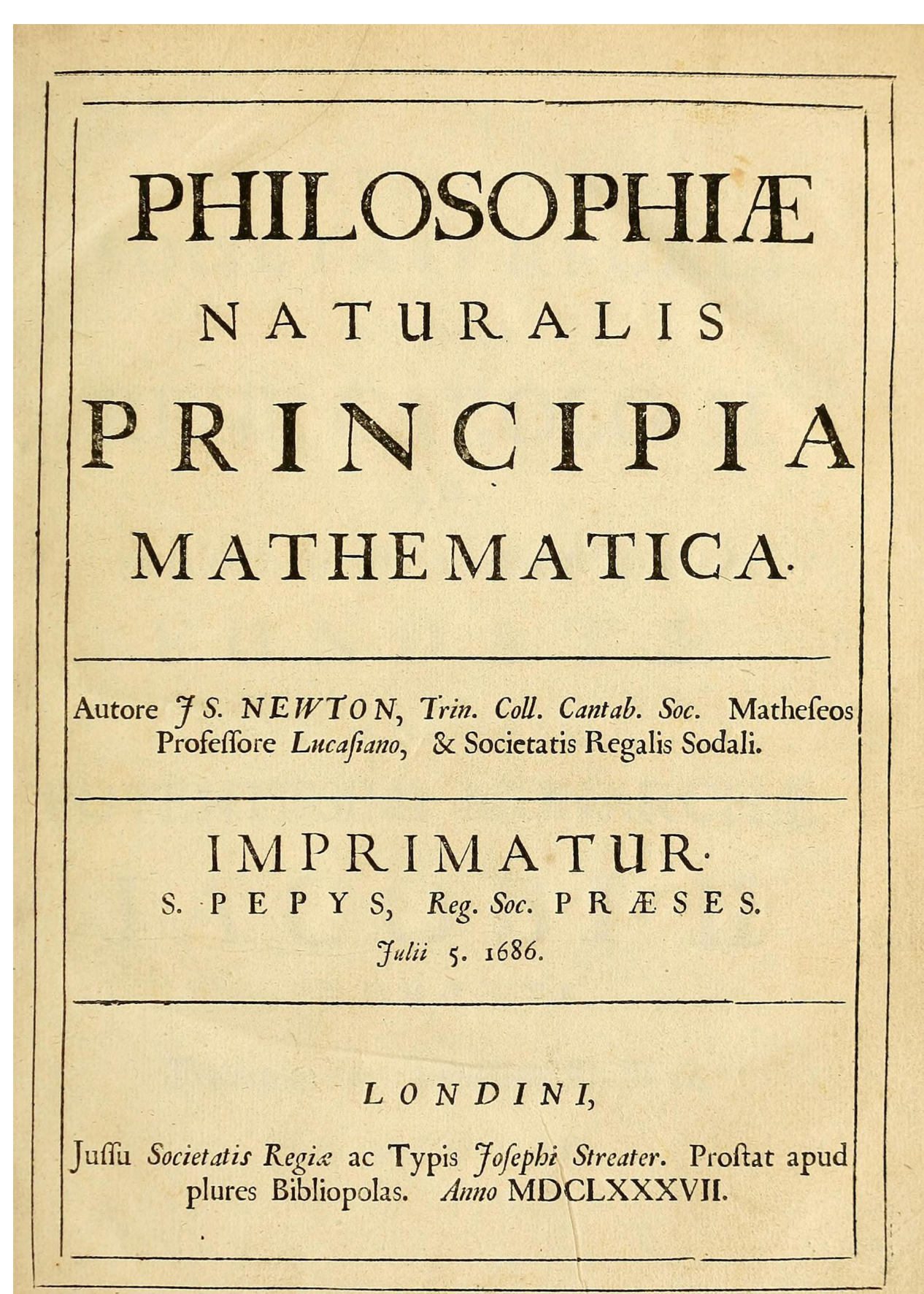


Boscovich si cimentò nella divulgazione della fisica newtoniana attraverso l'opera **De Solis ac Lunae Defectibus**. Si tratta di un poema didascalico di ambito astronomico, sul tema delle **eclissi (solari e lunari)**. Un importante apparato di note integrative serviva a spiegare scientificamente i versi del testo. Il poema didascalico era un esercizio di retorica e di esposizione di teorie scientifiche e filosofiche, molto praticato dai Gesuiti.

L'opera conobbe quattro edizioni: nel 1735, quando il giovane gesuita non aveva ancora venticinque anni, e stava proseguendo il proprio percorso di studi presso il Collegio Romano; nel 1760 a Londra e nel 1761 a Venezia. L'ultima edizione, in traduzione francese, ad opera del gesuita e saggista A. Barruel, fu pubblicata nel 1779 a Parigi. Il poema venne letto durante diverse riunioni della prestigiosa **Accademia Arcadia**.

Nella Prefazione alla traduzione francese del poema, Barruel scrisse:

“Per dare un’idea giusta e precisa del Poema sulle Eclissi, basterebbe dire che quest’opera è esattamente Newton nella bocca di Virgilio, ovvero la vera Fisica, e soprattutto l’Astronomia, ornata di tutta l’eleganza della Poesia, e messa alla portata di tutti.”



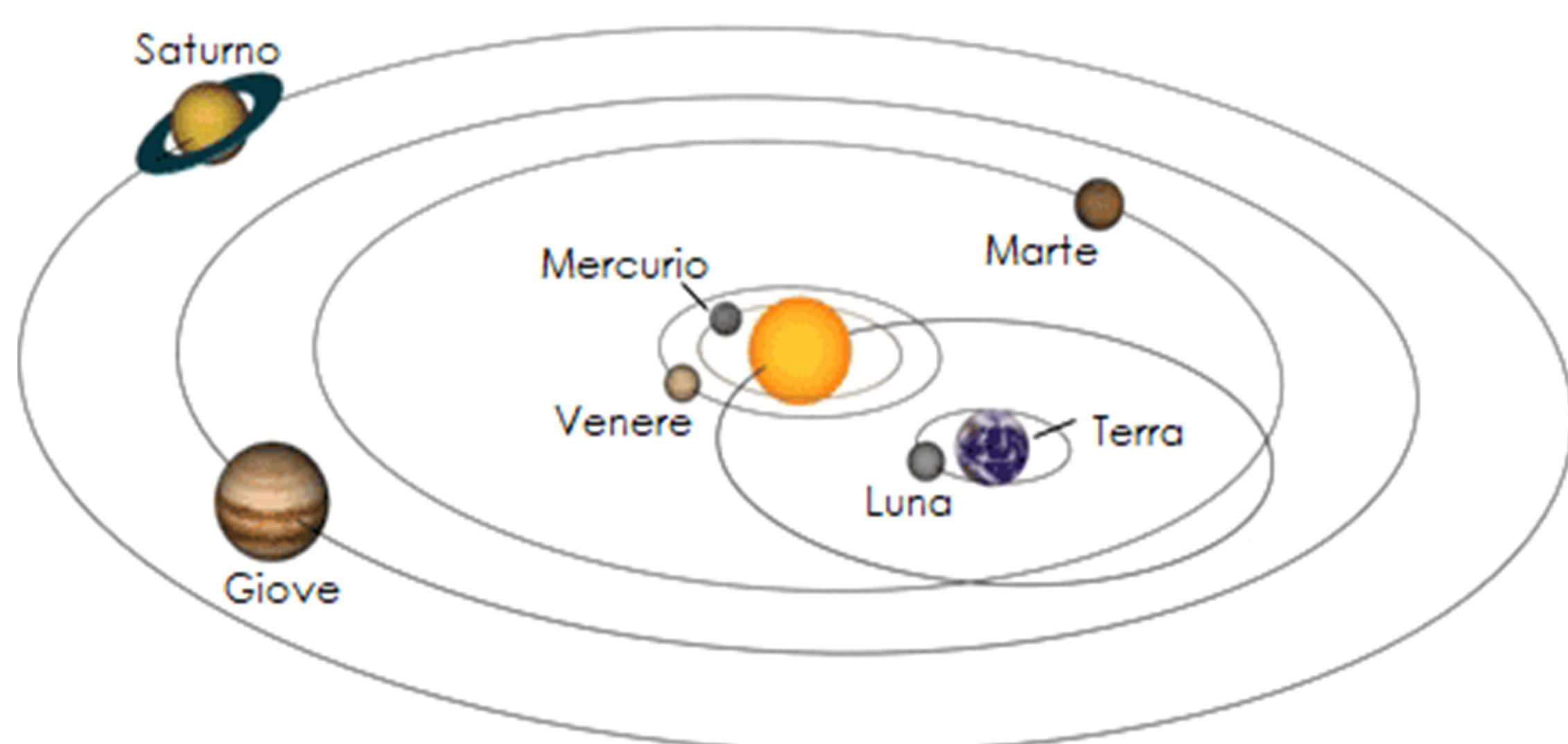
Il rapporto tra scienza e fede

Come scrisse Paolo Casini, Boscovich, servendosi di una trasparente duplicità “epistemologica” sostenne in modo sempre più deciso la validità del sistema copernicano, portato a compimento da Galileo e Newton. Ma la discrepanza tra la realtà geocentrica illustrata dagli studi newtoniani e copernicani, e la posizione della Chiesa circa il moto della Terra era un ostacolo, che gli fece scrivere:

“... E non ci è lecito abbracciare quella teoria in quanto condannata un tempo qui a Roma dalla sacra autorità [...]. La quiete della Terra in quanto rivelata nelle sacre scritture deve essere completamente accolta.”

Fu nella memoria *De Lumine* (1748) che Boscovich trovò l'**espediente** appropriato per evitare l'affronto dei due sistemi contrapposti, concependo l'idea dell'esistenza di uno spazio relativo, nel quale vige la fisica newtoniana e nel quale la Terra è in movimento, e di uno spazio assoluto, nel quale, invece, non esiste alcun moto terrestre.

Boscovich utilizzò spesso il modello del sistema solare dell'astronomo danese Tycho Brahe, il quale conservava la centralità della Terra: i pianeti Mercurio e Venere ruotavano attorno al Sole che a sua volta, con Marte, Giove e Saturno, ruotava attorno alla Terra immobile.



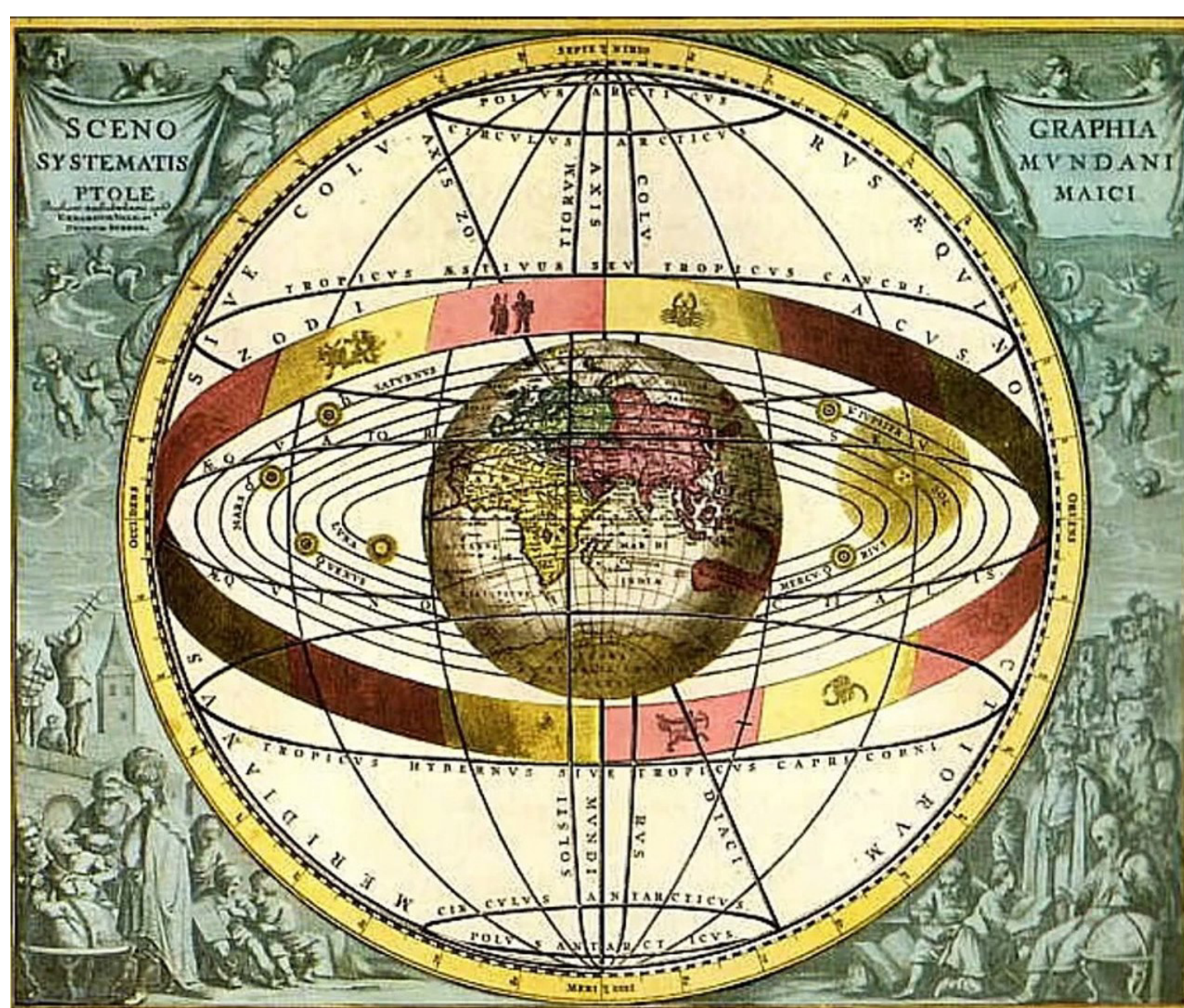
Il sistema solare di Tycho Brahe

LE APERTURE DI BENEDETTO XIV



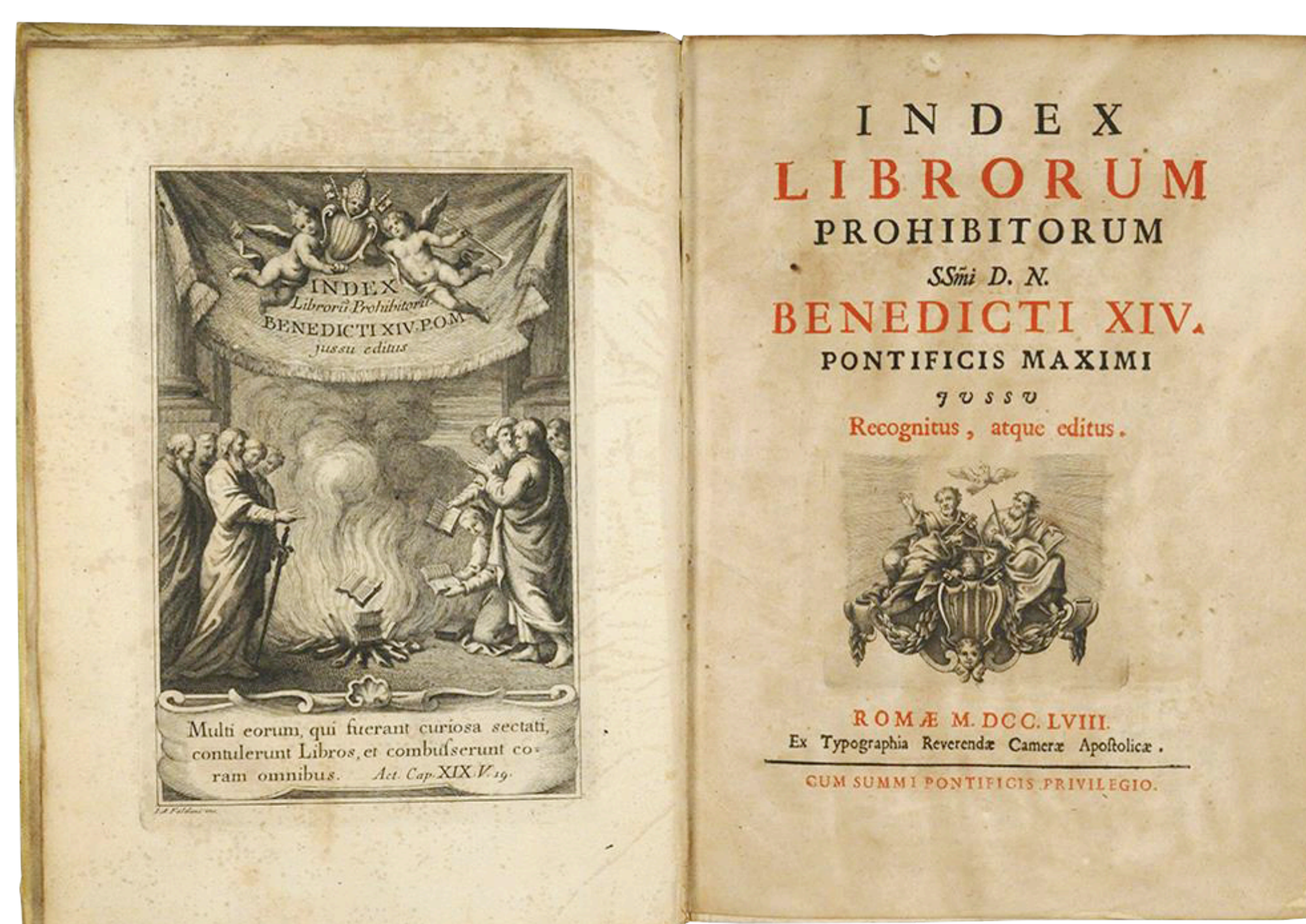
Papa Benedetto XIV, al secolo Prospero Lorenzo Lambertini (1675-1758), venne eletto papa il 17 agosto 1740. Il suo pontificato è considerato uno dei più significativi della storia del papato in età moderna. Il nuovo Papa non trascurò la promozione della cultura, fondò nuove biblioteche, arricchì il patrimonio di quelle già esistenti, fondò accademie, creò nuovi musei, riformò gli studi dell'Università. Il corso di fisica fu sdoppiato in due insegnamenti, uno teorico e uno sperimentale e furono istituiti nuovi insegnamenti di chimica e di matematica superiore da affiancare all'insegnamento della geometria.

In questo clima di rinnovamento culturale e scientifico si ebbero alcune aperture importanti: nel 1741 il Sant'Uffizio autorizzò la prima edizione italiana delle opere di Galileo, compreso il *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*. Nella nuova edizione dell'Indice dei libri proibiti (1758) furono mantenute le opere di Galilei e di Copernico, ma fu tolta l'interdizione sull'*hypothesis Terrae motae* presente dal 1616. Non è escluso che Boscovich possa avere influenzato queste aperture.

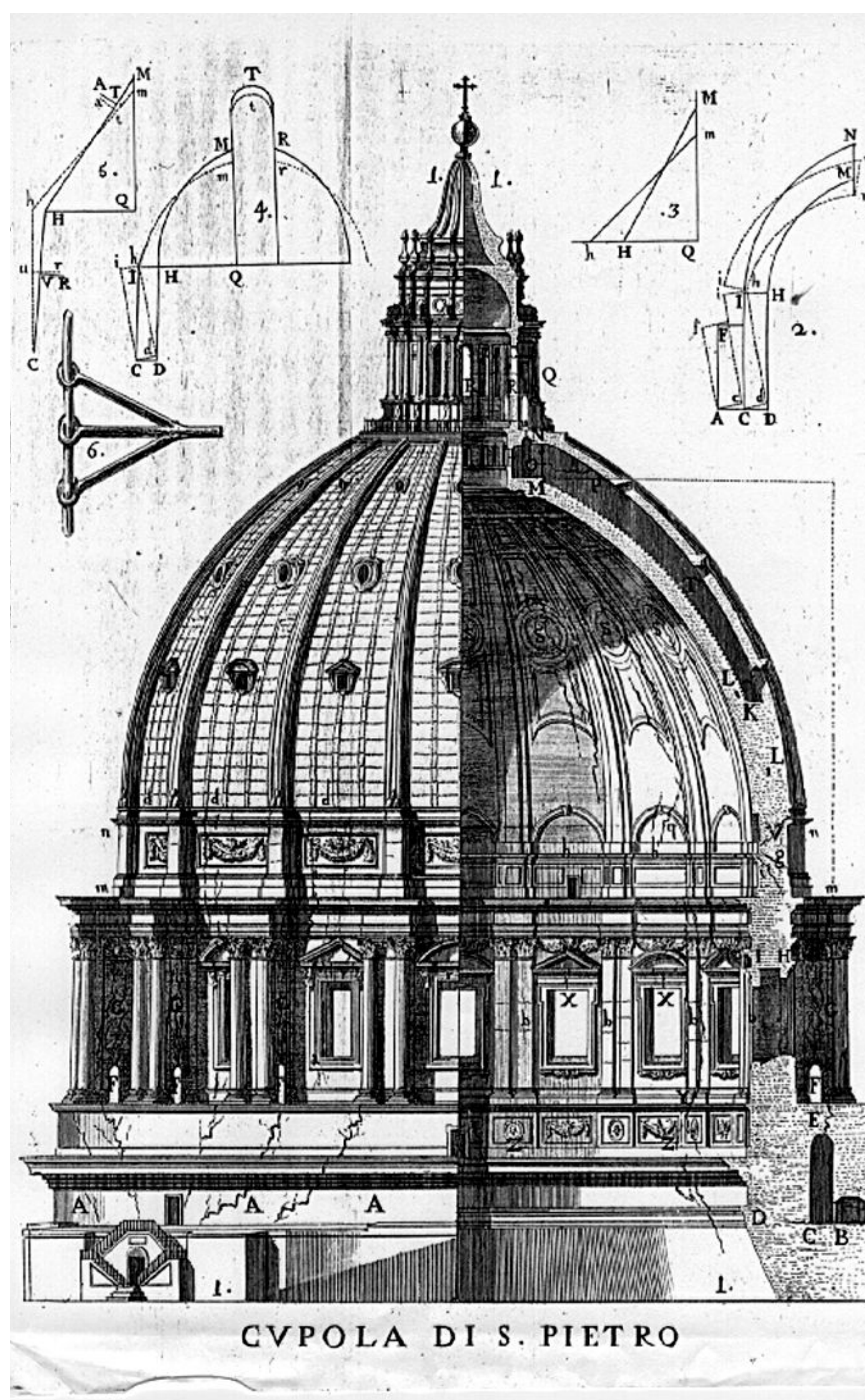


“Il sistema dei cieli andrebbe in pezzi”

Dopo l'elezione del Papa, Boscovich si sentì più libero di sostenere la teoria newtoniana, e quindi la teoria astronomica di Copernico, anche se ancora velatamente. Alla legge di attrazione universale si riferisce come all'«ipotesi newtoniana», un'espressione ambigua. Il termine «ipotesi» aveva il significato di mera ipotesi matematica nel senso “gesuitico”, mentre Newton con la celebre espressione *hypoteses non fingo* esprimeva il concetto che il suo approccio alla filosofia naturale non richiedeva ipotesi. Boscovich si permette addirittura una notazione a favore dell'«hypotesis Terrae motae», contro la «sententia Terrae quiescentis», frase ripresa dallo stesso Copernico, ovvero: «*Il sistema dei cieli andrebbe in pezzi se dovesse compiere una completa rivoluzione diurna attorno alla Terra*». Egli però aggiunge tutta una serie di riserve riguardo ai rischi che minacciano gli astronomi dopo il “Caso Galileo”.



CUPOLE, GUGLIE, PORTI, FIUMI, PALUDI E GIARDINI



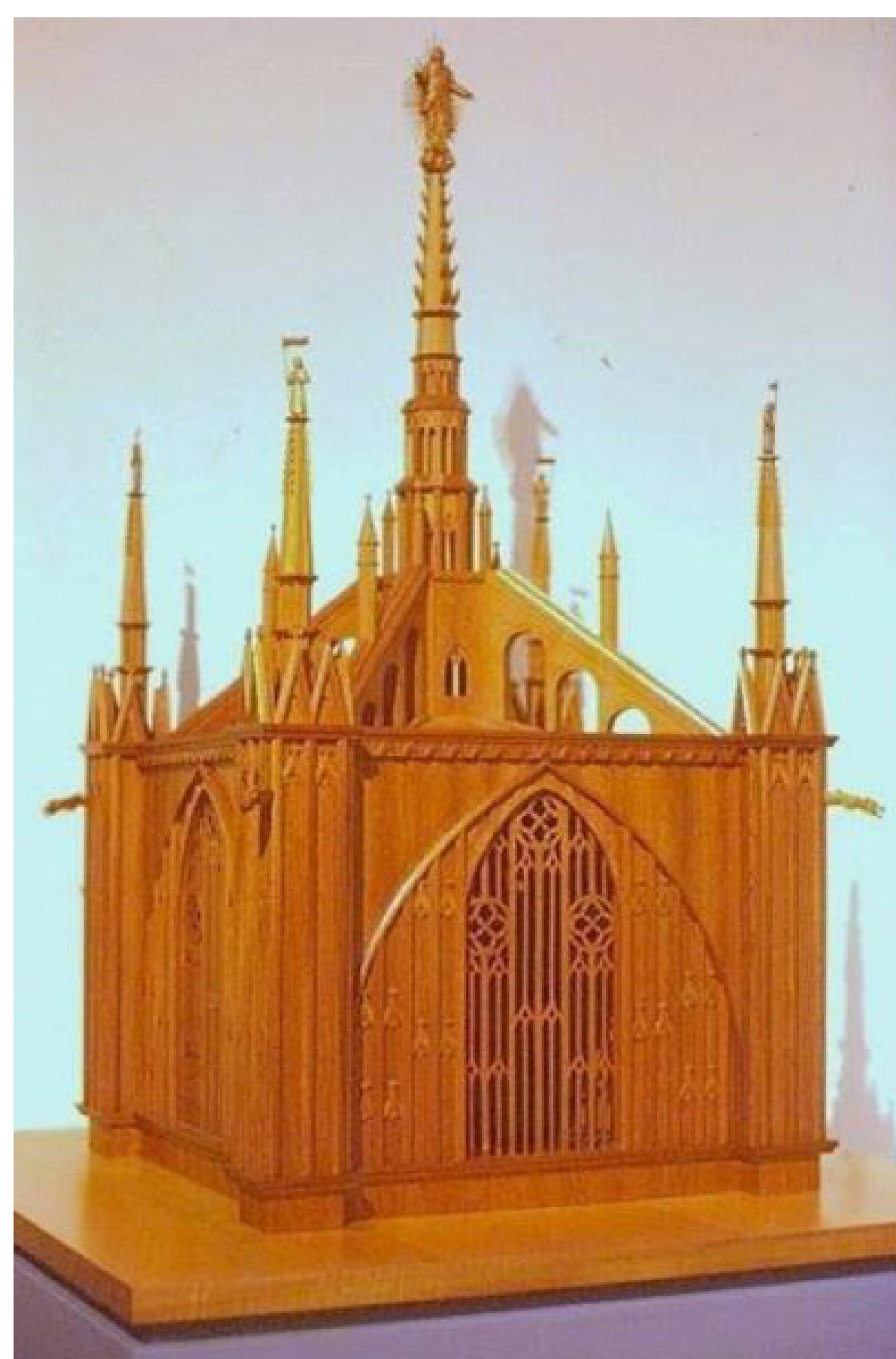
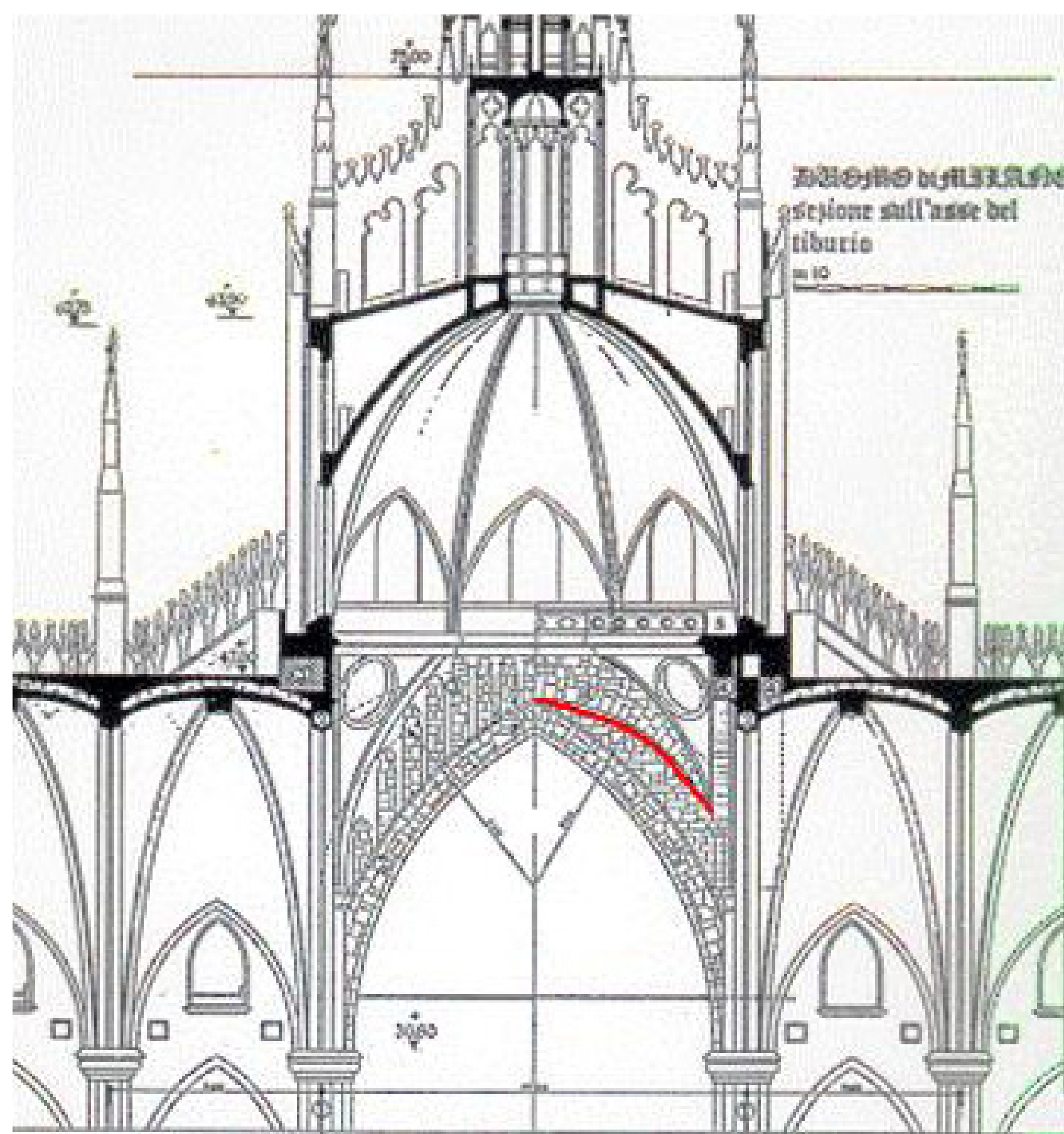
Boscovich affiancò all'attività di studio e insegnamento varie consulenze in ambito ingegneristico e architettonico. Tra le più importanti ricordiamo le perizie sulla stabilità della cupola di San Pietro a Roma (1742), sulla cupola del palazzo della Biblioteca Cesarea a Vienna (1742), sul posizionamento della nuova grande guglia sul Duomo di Milano (1765). Venne anche consultato in relazione a problemi idraulici riguardanti i porti di Ancona (1744), Fiumicino (1751), Magnavacca (1752), Rimini (1764), Savona (1771), Maccarese (1744/1750), alcuni fiumi, il Po (1764), l'Adige (1773) il Panaro (1758), il Tevere (1752) e il torrente Caina (1766), e alcune zone paludose, le Paludi Pontine (1764) e le paludi attorno al Lago di Bientina (1756). Fu anche consultato per risolvere i problemi di irrigazione dei giardini del Palazzo Estense di Varese (1768).

Roma: la cupola di San Pietro

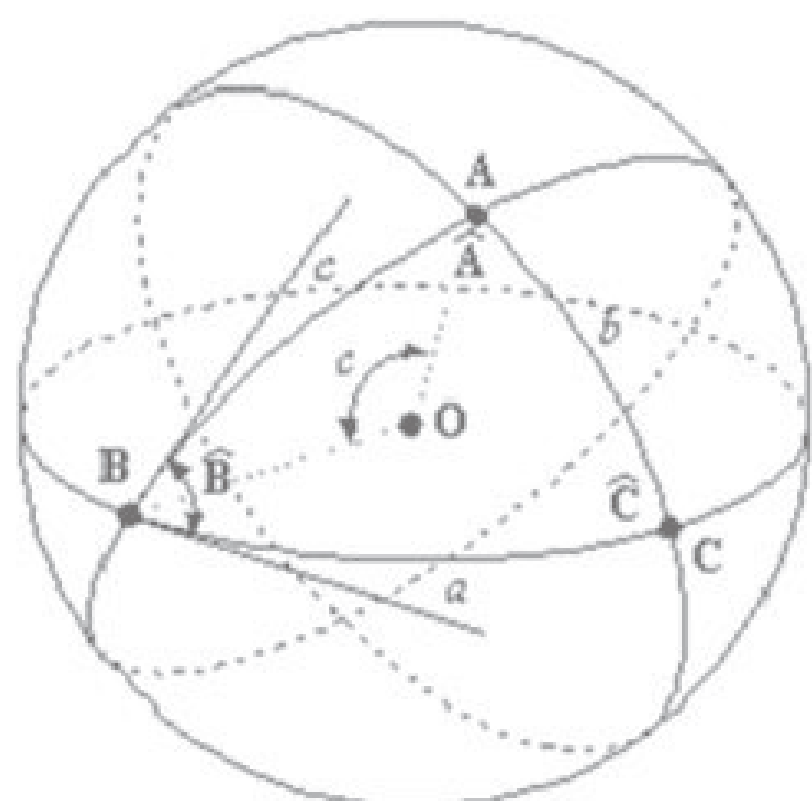
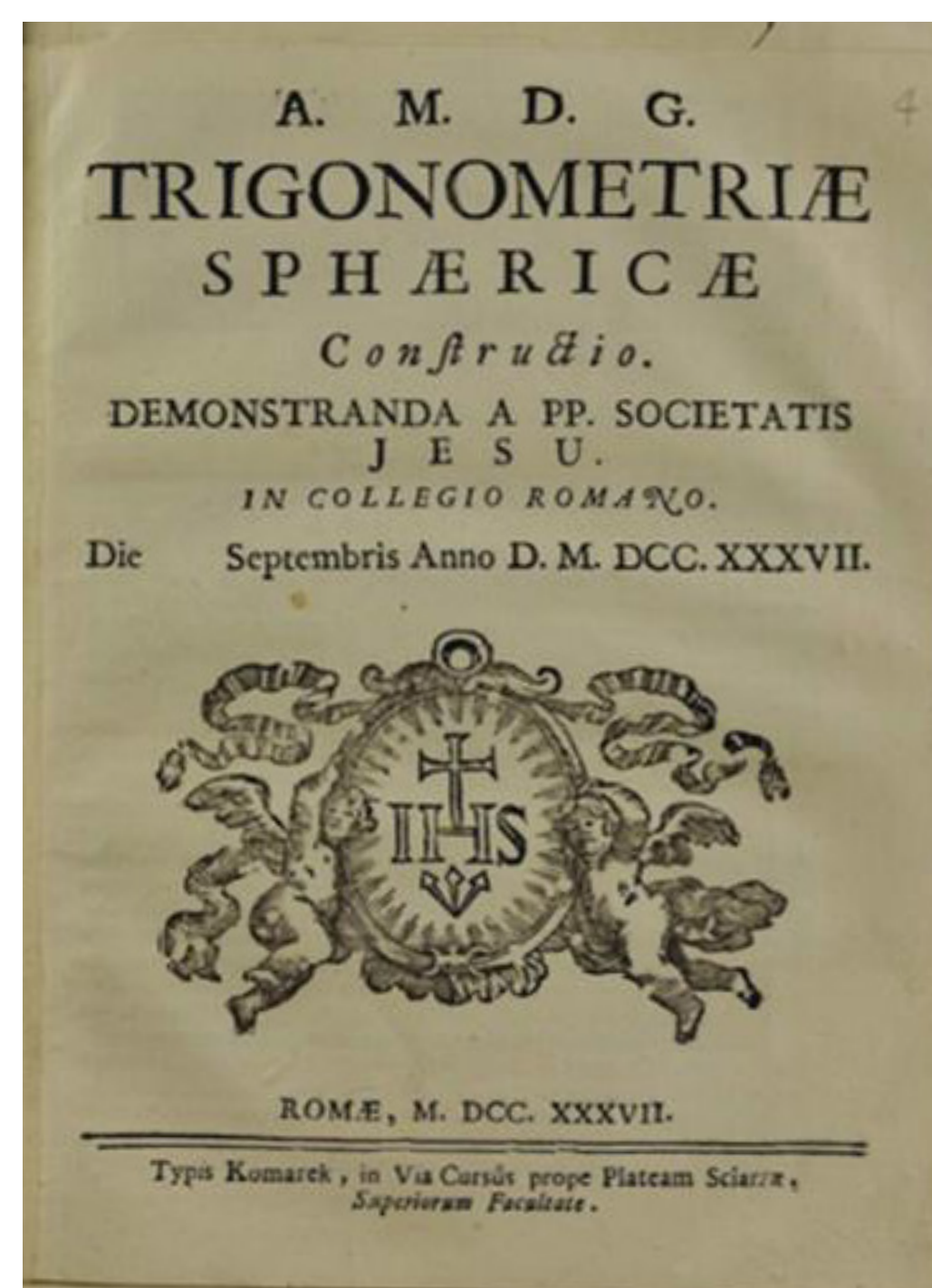
La Cupola di San Pietro, progettata da Michelangelo Buonarroti, iniziò a presentare problemi strutturali già a partire dal 1682 e tali problemi si fecero più consistenti negli anni successivi. Nel 1742 Papa Benedetto XIV incaricò Boscovich, Le Seur e Jacquier di eseguire una perizia sullo stato di salute della Cupola. La perizia produsse la memoria *Parere di tre matematici sopra i danni, che si trovano nella cupola di S. Pietro sul finire dell'anno MDCCLII, dato per ordine di Nostro Signore Papa Benedetto XIV*. Essa contiene la loro proposta che consisteva nel posizionamento di tre cerchioni per irrobustire la struttura. La proposta sollevò delle critiche ma il pontefice decise la sua di realizzazione.

Milano: la guglia del Duomo

Tra il 1765 e il 1769 l'architetto Francesco Croce completò il coronamento del tiburio con una guglia, la guglia maggiore, sulla quale fu innalzata cinque anni dopo la "Madunina" di rame dorato destinata a diventare il simbolo della città. La guglia, se da un lato si integrava egregiamente da un punto di vista estetico, dall'altro poneva il problema della sua stabilità. Chiamato a consulenza, Boscovich si espresse a favore del progetto e la grande guglia venne realizzata.



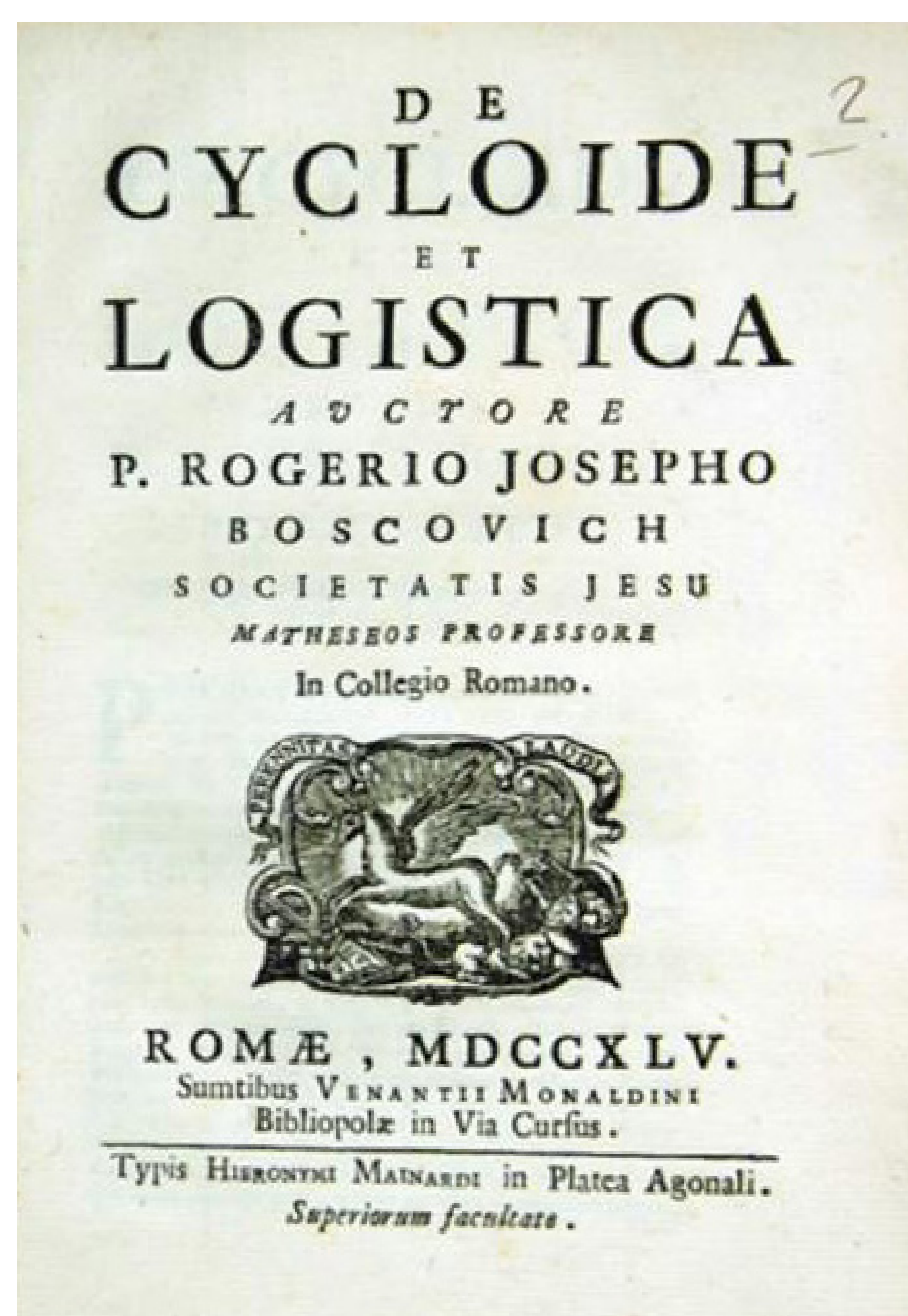
LA TRIGONOMETRIA SFERICA E LA CICLOIDE



Le prime opere a stampa di Boscovich sono legate al suo insegnamento al Collegio Romano, dove lui stesso aveva ricevuto un'istruzione sia in ambito umanistico che scientifico.

Gli interessi di Boscovich verso l'astronomia richiedevano approfondimenti di trigonometria sferica e da questa esigenza nel settembre 1737 nasce la prima dissertazione matematica *Trigonometriae Sphaericae Constructio*.

Nell'opera si descrive il triangolo sferico ovvero la porzione di superficie sferica compresa fra tre cerchi massimi. Lo studio dei triangoli sferici si traduce facilmente in relazioni tra grandezze familiari della trigonometria piana: seni, tangenti, secanti.

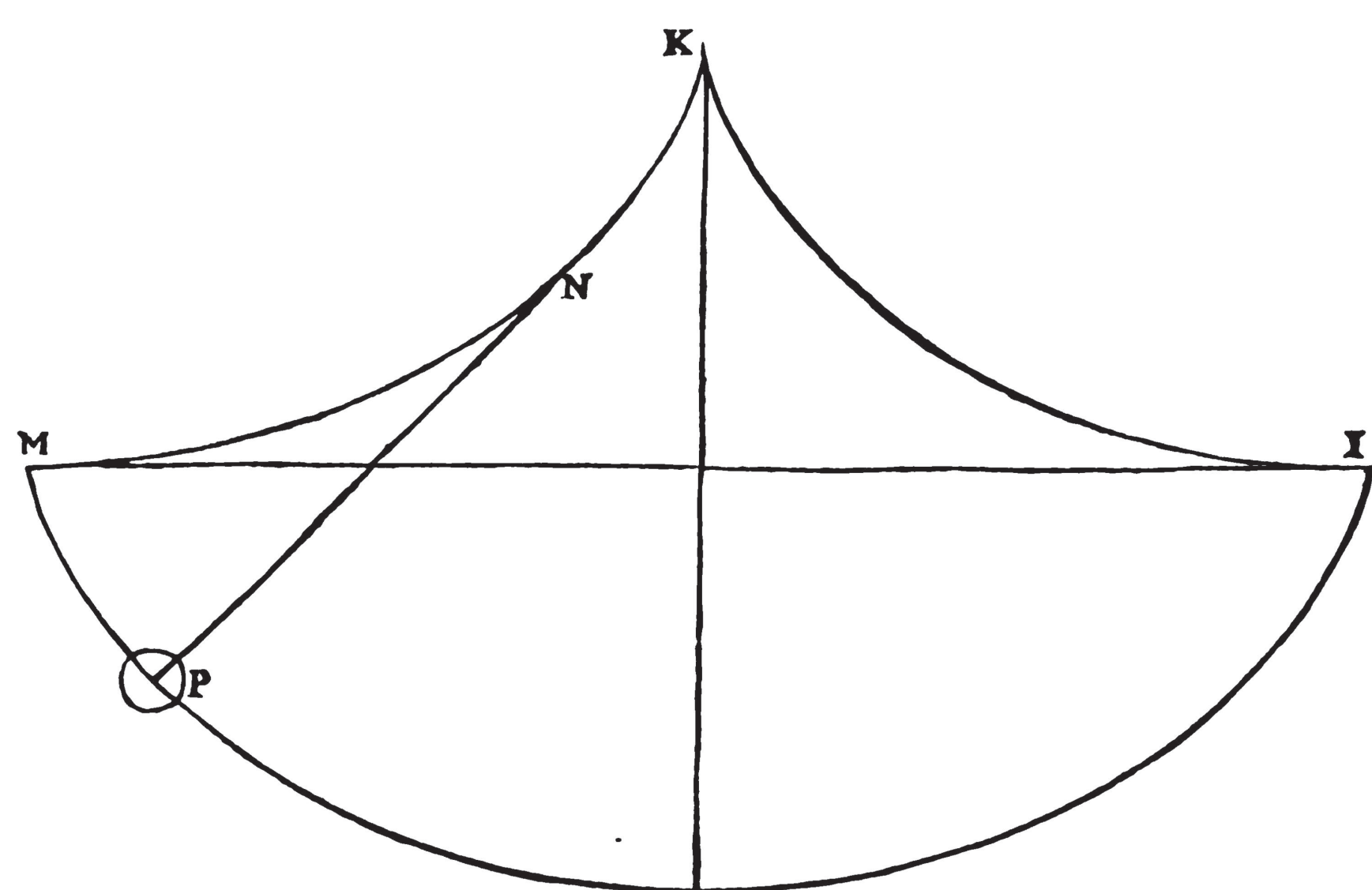


Il trattato *De Cycloide* fu dapprima inserito nella ristampa dell'opera seicentesca di geometria di Andrea Tacquet e successivamente stampato separatamente; tratta principalmente la cicloide e la logistica o curva logaritmica.

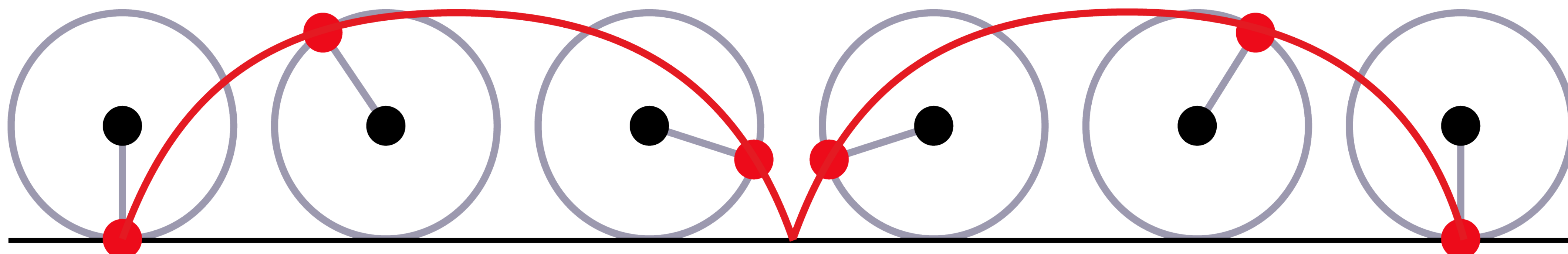
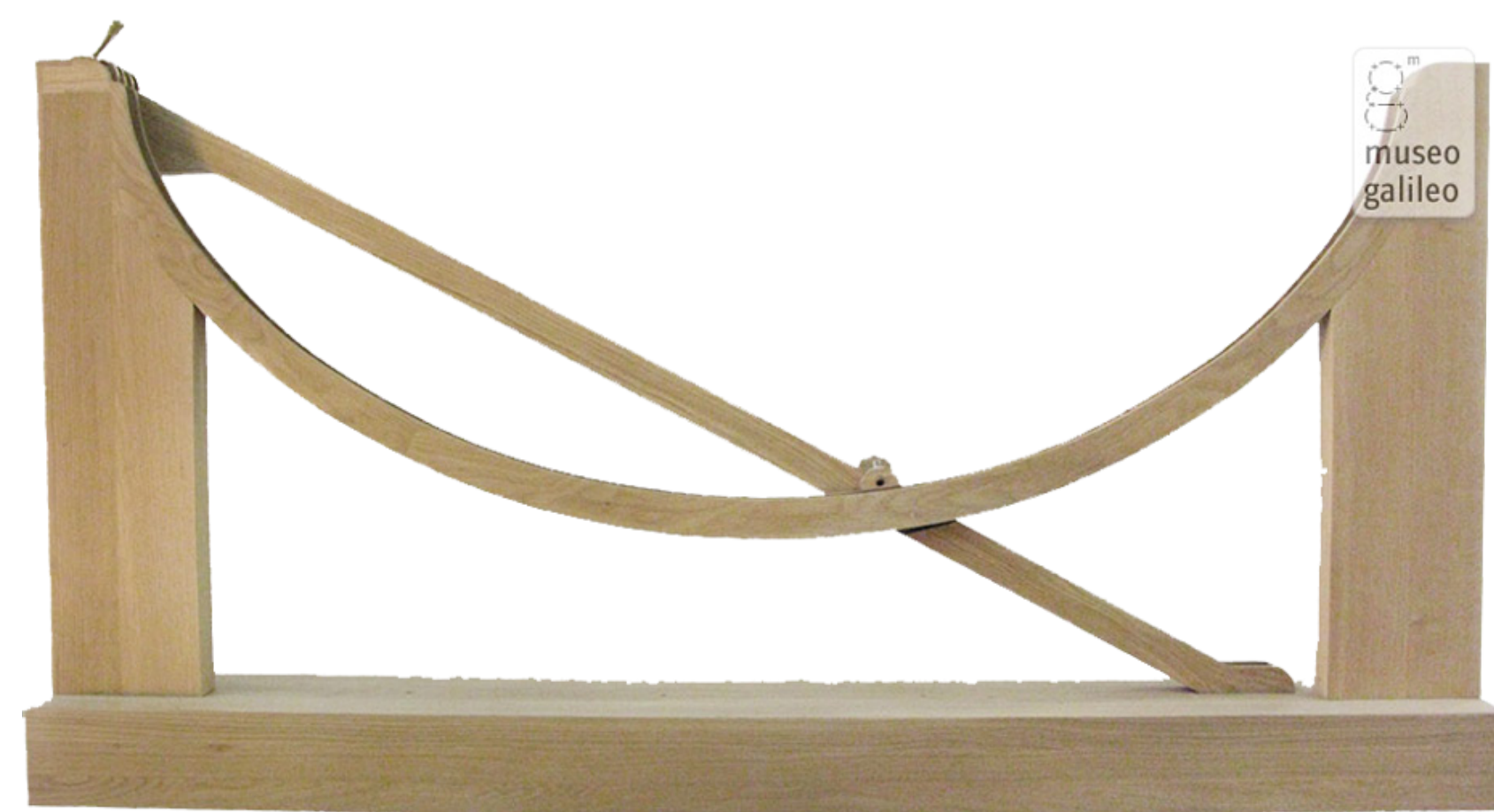
Allo studio della cicloide Boscovich premette l'interessante storia di questa curva che ha visto protagonisti Torricelli, Galileo, Pascal, Bernoulli, Huygens.

La cicloide è la curva descritta da un punto fisso su una circonferenza che rotola senza strisciare lungo una retta.

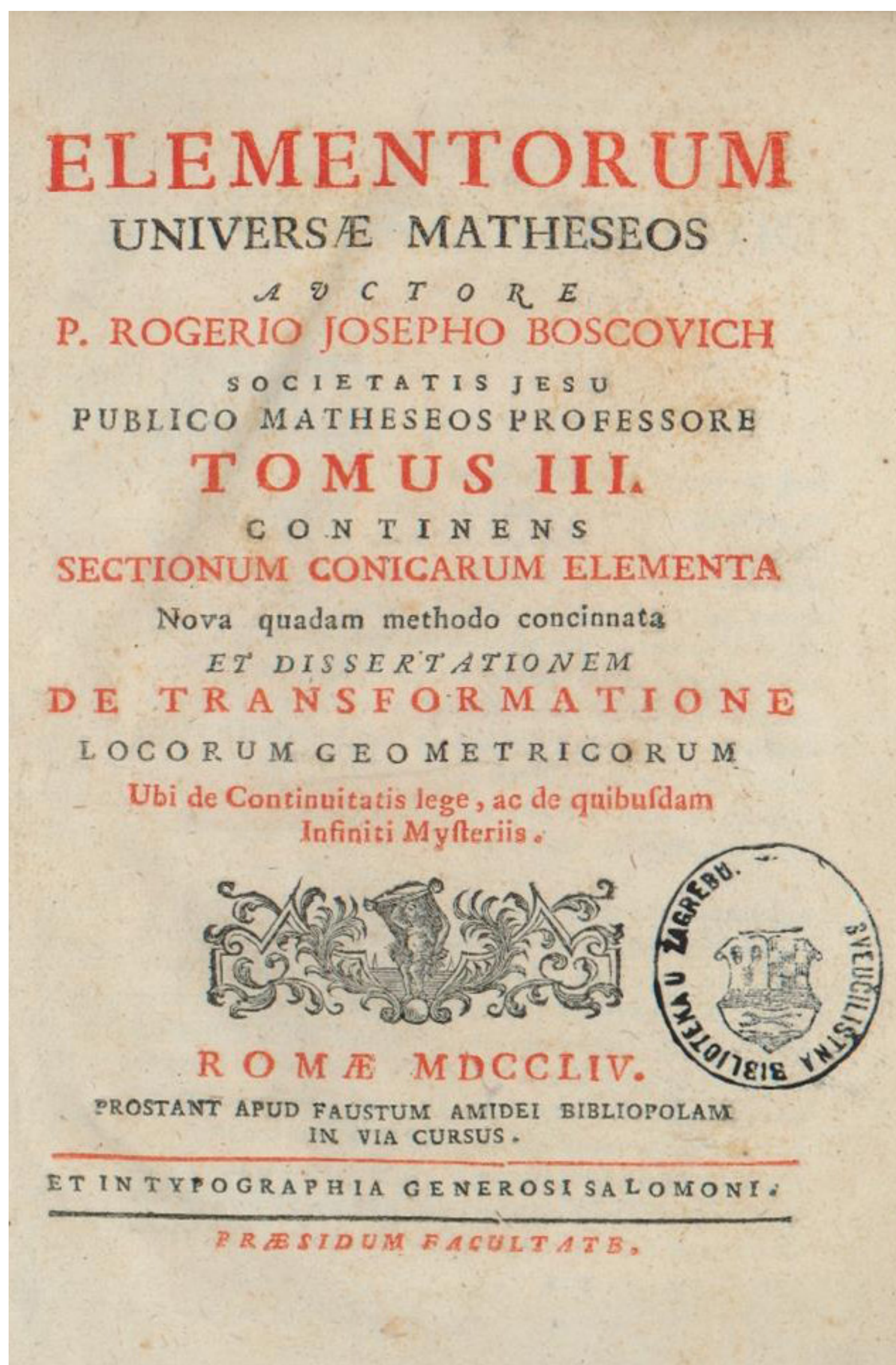
Questa curva ha affascinato i matematici anche perché risolve due problemi importanti: l'isocronismo delle oscillazioni del pendolo (**tautocronismo** della cicloide) e la determinazione della curva che minimizza il tempo di caduta libera di una massa puntiforme che si muove in un piano verticale su una guida avente estremi in due punti assegnati (**brachistocronismo** della cicloide, Johann e Jacob Bernoulli 1697).



Christiaan Huygens, *Horologium Oscillatorium sive de motu pendulorum ad horologia aptato demonstrationes geometricae*, 1673



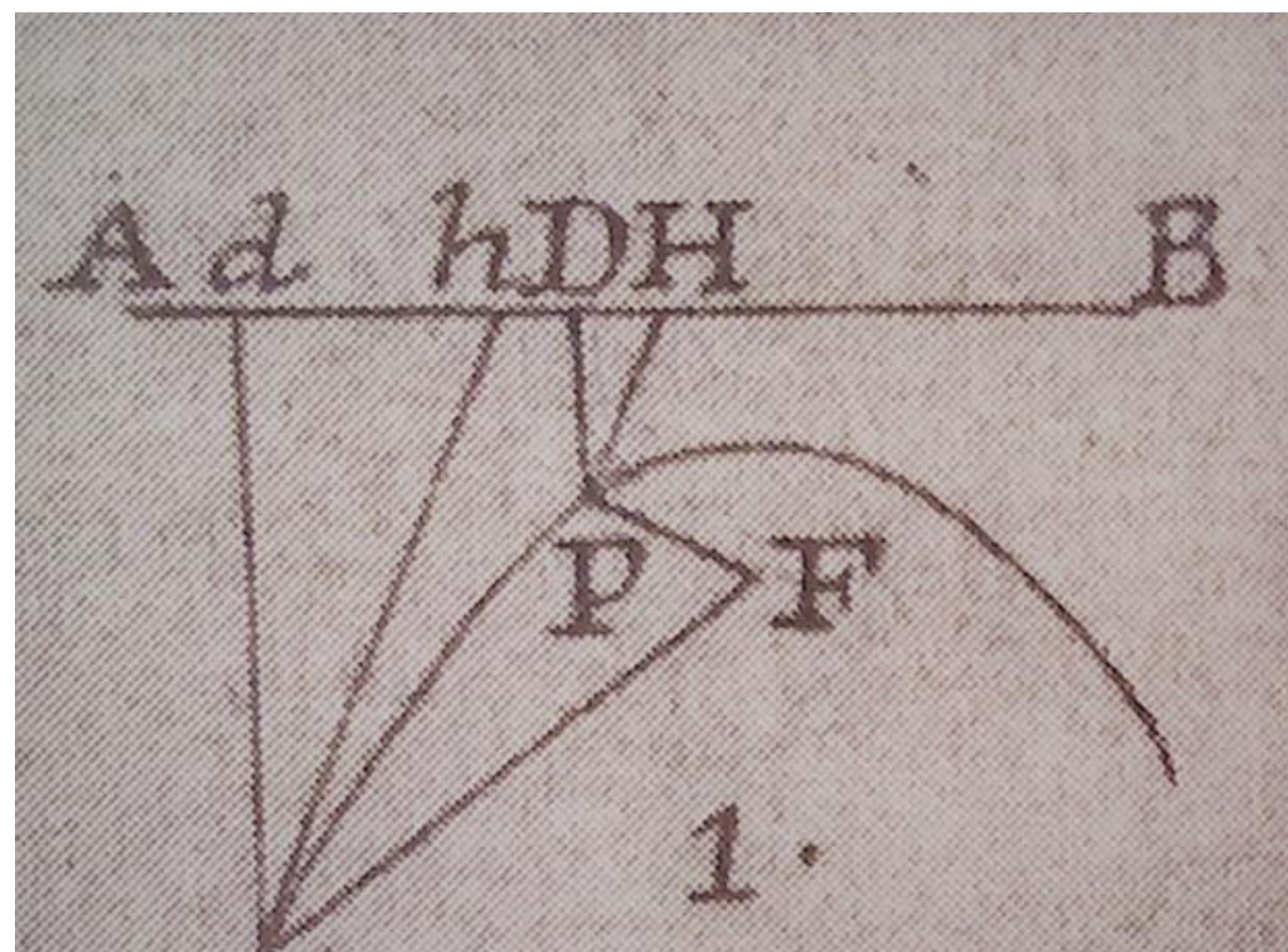
UNA NUOVA DEFINIZIONE E UN NUOVO STRUMENTO PER STUDIARE LE SEZIONI CONICHE



Nel terzo tomo dei suoi “*Elementi di matematica*” (1754) Boscovich dà la seguente definizione di sezione conica:

Siano dati una retta AB (direttrice) e un punto esterno F (fuoco). Da un punto P del piano si tracci la retta PD , perpendicolare alla direttrice e si congiunga P con F . Se PF e PD hanno un rapporto costante, allora la curva descritta dal punto P la chiamo sezione conica, rispettivamente ellisse, parabola, iperbole a seconda se il rapporto è minore, uguale o maggiore di uno.

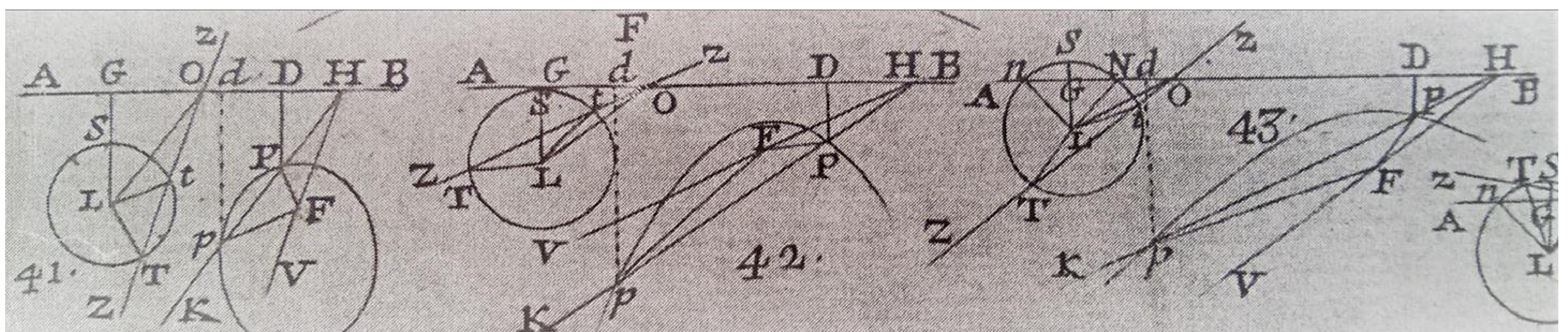
Il rapporto costante è oggi chiamato “eccentricità” della conica.



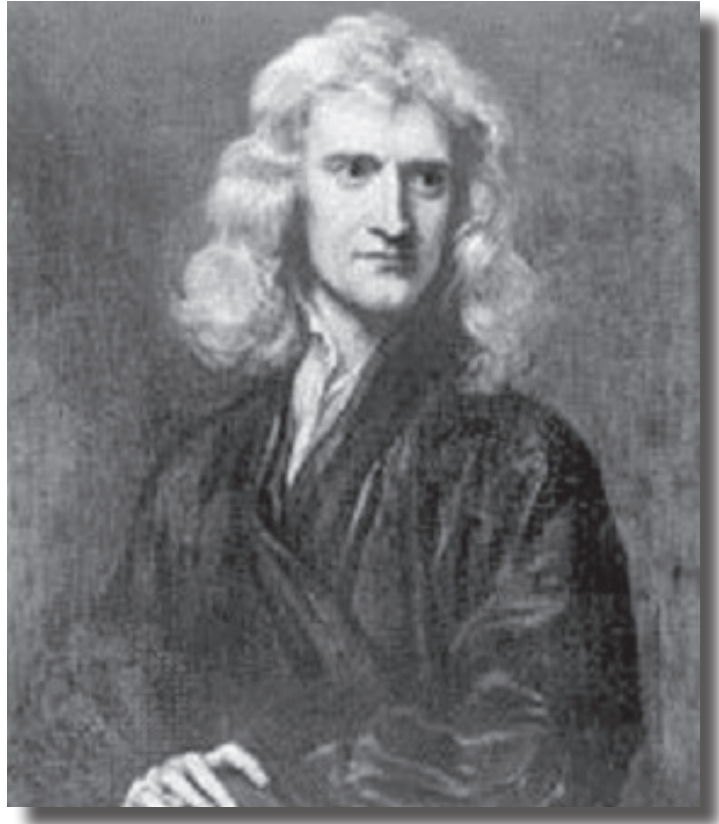
Il “cerchio eccentrico” di Boscovich

La suddetta definizione di conica permise a Boscovich di introdurre un nuovo strumento per sviluppare la teoria delle sezioni coniche, il cosiddetto **cerchio eccentrico**, un mezzo potente quanto elementare per ottenere le proprietà di una conica dalle proprietà del cerchio.

Data una conica (quindi dati direttrice, fuoco ed eccentricità), e dato un punto qualunque L del piano, si consideri il cerchio centrato in L , di raggio uguale alla distanza tra il centro e la direttrice della conica (LG in figura), moltiplicata per l’eccentricità della conica. Si noti la diversa posizione del **cerchio eccentrico** rispetto alla direttrice nei tre casi dell’ellisse, della parabola e dell’iperbole.



LA FORMA DELLA TERRA: SFEROIDE APPIATTITO AI POLI O ALL'EQUATORE?



Dall'alto e da sinistra a destra:

Isaac Newton, Christiaan Huygens,

Jean-Felix Picard, Gian Domenico Cassini,

Pierre L. de Maupertuis, Charles-Marie de la Condamine

Alcuni filosofi greci ritenevano che la Terra fosse piatta, ma già Aristotele nel IV secolo a.C. ne sostenne la sfericità osservando la circolarità dell'ombra della Terra durante un'eclissi lunare. Eratostene nel III secolo a.C. valutò la misura del meridiano terrestre, ma per avere dati più attendibili si dovette attendere il Seicento quando l'abate **Jean-Felix Picard** misurò un **grado di meridiano**, ovvero l'arco di meridiano corrispondente a un grado di latitudine, con nuova strumentazione che nessuno aveva fino a quel momento utilizzato.

Successivamente, nel 1672, **Jean Richer**, durante il suo soggiorno in Cayenna, osservò che le oscillazioni del suo pendolo erano più lente che a Parigi e ciò in accordo con la teoria secondo la quale la Terra non era perfettamente sferica.

A proseguire le misurazioni di Picard furono i **Cassini**, Gian Domenico e suo figlio Jacques. Essi, nel 1701, trovarono che la lunghezza di un grado di meridiano diminuiva dall'equatore al polo: la Terra assomigliava quindi a un uovo, cioè schiacciata all'equatore.

Verso la fine del 1600, tuttavia, **Isaac Newton** e **Christiaan Huygens**, avevano teorizzato che la Terra avesse la forma di una cipolla, cioè schiacciata ai poli. Dunque la Terra era più simile ad un uovo come affermavano i misuratori oppure ad una cipolla come sostenevano i teorici?

La disputa sulla forma della Terra proseguì: nel 1735 il matematico e astronomo **Pierre Louis Moreau de Maupertuis**, dopo una lunga spedizione in Lapponia, stabilì con esattezza lo schiacciamento della Terra ai poli e ancora nel 1735 anche l'astronomo **Charles-Marie de la Condamine** arrivò allo stesso risultato in seguito ad una spedizione in Perù.

Anche **Boscovich** nel 1750 fece un'ulteriore spedizione e i suoi dati confermarono la veridicità della seconda ipotesi.

Osservatori	Latitudine	Lunghezza del Grado	
		<i>in tese</i>	<i>in km</i>
Lacaille	33,31° S	57.037	111,165
Mason e Dixon	39,2° N	56.888	110,875
Boscovich e Maire	43,0° N	56.979	111,052
Beccaria	44,4° N	57.468,59	112,006
Liesganig	45,95° N	56.881	110,861



UN VIAGGIO AVVENTUROSO

Tra il 1750 e il 1752 **Boscovich** effettuò un viaggio “astronomico e geografico” nello Stato della Chiesa per misurare l’arco di meridiano terrestre tra Roma e Rimini su incarico del Pontefice Benedetto XIV. Questo viaggio aveva inoltre un altro obiettivo: la correzione della carta geografica dello Stato del Papa. Di questo secondo scopo si occupò **padre Maire**, esperto astronomo e geografo.

Il viaggio fu tutt’altro che semplice, si dovette far fronte a difficoltà di vario genere. Occorreva posizionare in maniera visibile i segnali per le misurazioni, che dovevano essere posti sui crinali più alti, e dunque era necessario scalare montagne, camminare sull’orlo di precipizi, attraversare sentieri insidiosi. Per di più, i contadini delle zone scontenti della loro presenza, rubavano i chiodi, tagliavano i pali, distruggendo le loro postazioni.

Più di un anno si dovette attendere il “quadrante”, ovvero lo strumento necessario per la misura degli angoli.

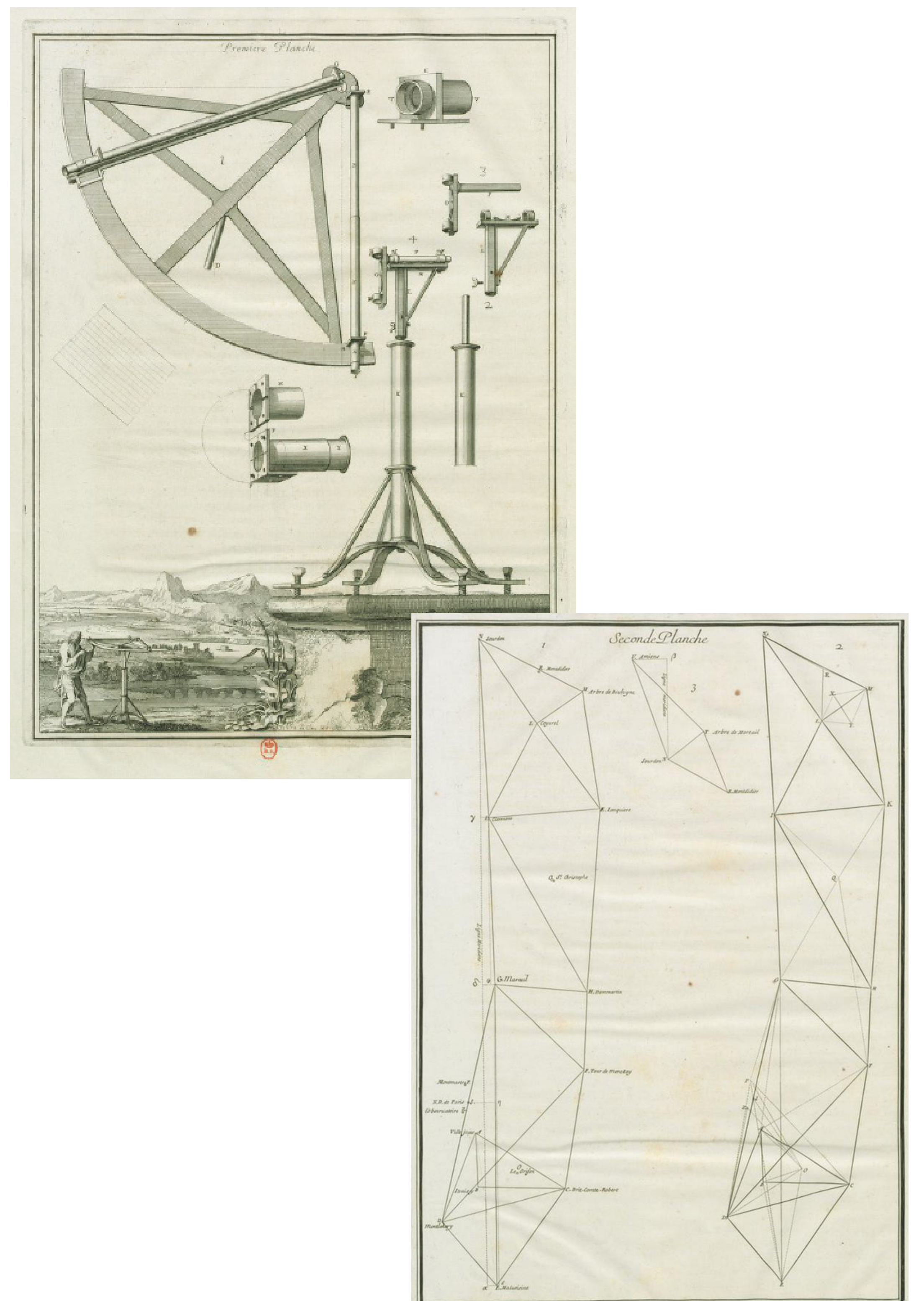
A metà ottobre del 1750 il tempo cambiò di colpo: pioggia, grandine e vento rallentarono i due viaggiatori e spesso le bufere spazzavano via i loro segnali.



Gli strumenti e il metodo della triangolazione

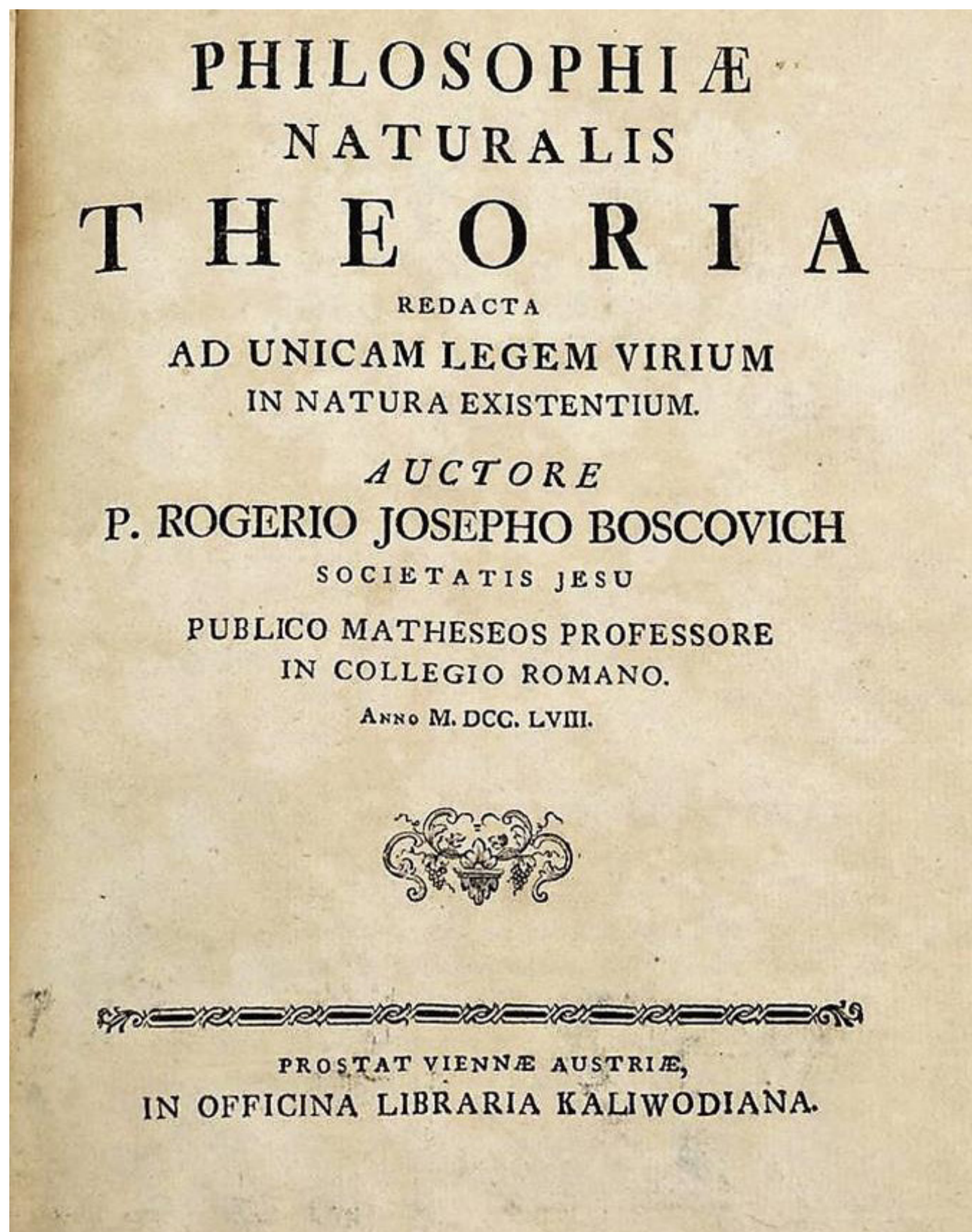
Le operazioni comportavano misure astronomiche e geodetiche della massima precisione. Per le misure geodetiche era necessaria una base rettilinea di molte miglia collocata e misurata sopra un terreno uniforme. Era anche necessario fissare un’unità di misura e conoscerne il rapporto con le altre unità di misura utilizzate. Inoltre erano necessarie lunghe e salde pertiche, o aste, esattamente misurate con tale unità di misura. Per posizionare le aste erano necessarie una livella e tripodi reggenti tavole. Per le misure geodetiche era inoltre necessario un enorme sestante il cui raggio doveva essere tanto grande da garantire la misura degli angoli nella concatenazione di grandi triangoli che andavano da un punto all’altro del meridiano ed erano disposti circa nella stessa direzione (**metodo della triangolazione**).

I viaggi furono sette. Il più significativo per la misura dell’arco di meridiano tra agosto e ottobre del 1751 partiva da Roma fino a Rimini. I luoghi scelti per le triangolazioni furono: il monte Gennaro di 1271m - il monte Cimino di 1052m - il monte Tezio di 961m - il monte Pennino di 1571m - il monte Fionchi di 1337m - il monte Catria di 1701m - il monte Carpegna di 1415m.



Mesure de la Terre [par l’abbé Picard] Paris, 1671

UN'AUDACE STRUTTURA TEORICA



Nel 1758 uscì a Vienna l'opera più nota di Boscovich dal titolo eloquente: *Philosophiæ Naturalis Theoria redacta ad unicam legem virium in natura existentium*, ovvero *Teoria di filosofia naturale ricondotta ad un'unica legge delle forze esistenti in natura*. L'opera ebbe una seconda edizione a Venezia nel 1763.

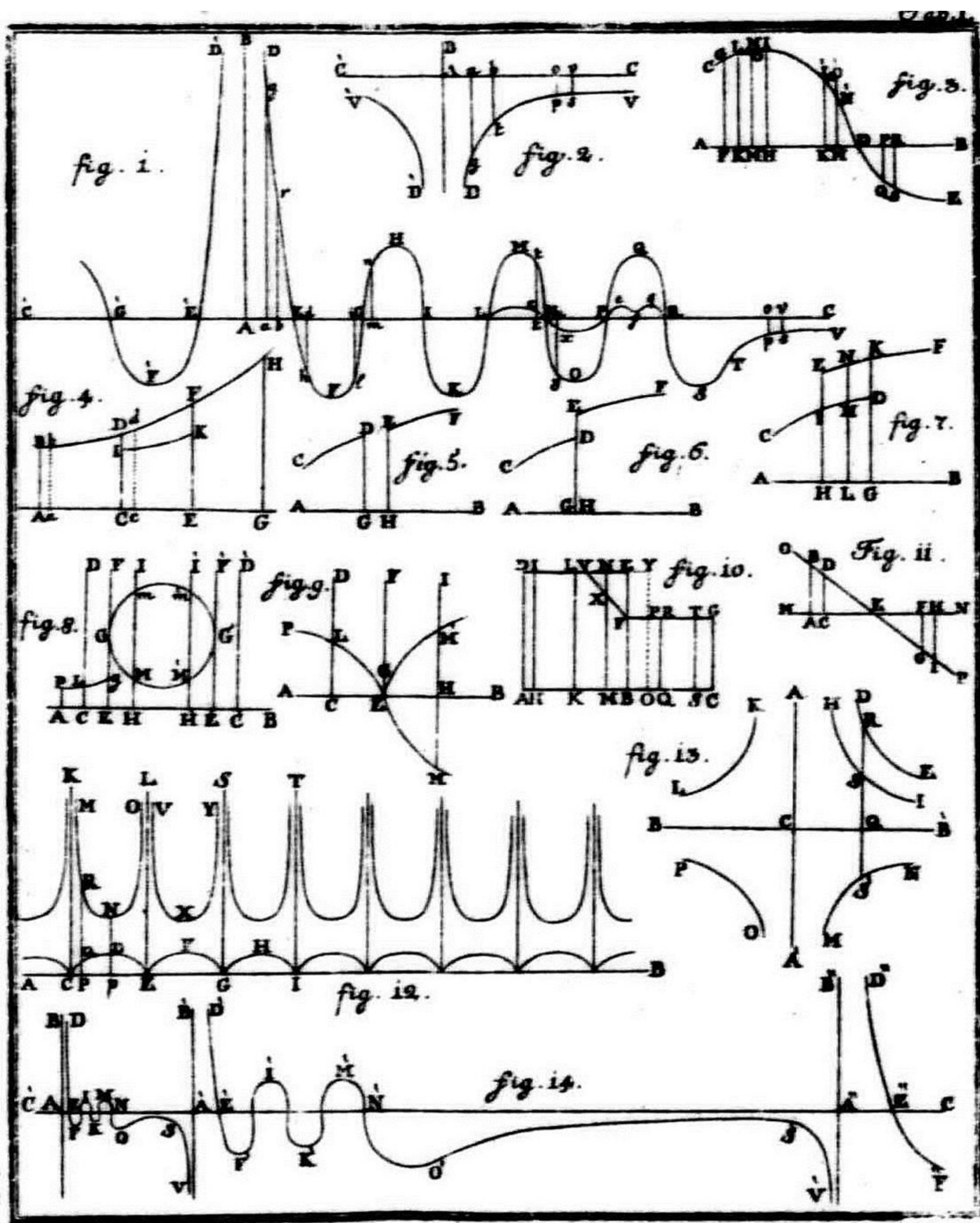
Boscovich vi espone la sua originale visione del mondo fisico basata su un'idea del tutto nuova circa la struttura della materia e le sue interrelazioni. L'intera teoria era già stata concepita nell'opera *De Lumine* del 1748 dove si legge:

“Ritengo che tutti i punti di materia siano omogenei e dotati di forze, che li costringono ad avvicinarsi reciprocamente o ad allontanarsi reciprocamente in ragione della loro distanza o che sollecitino in essi moti veloci tendenti a congiungerli o allontanarli, dico attrattive tali forze nel primo caso, repulsive nel secondo”

Gli atomi, ovvero i “puncta” (punti geometrici, centri di forza), interagiscono tra loro seguendo una legge cinematica attrattivo-repulsiva, e la gravitazione universale newtoniana ne è un caso limite. Ben nota è la funzione razionale con cui Boscovich rappresenta la forza in funzione della distanza dei “puncta”. Si tratta di una curva asintotica oscillante.

Col suo principio o “unica legge” Boscovich spiegava tutti i fenomeni fisici e chimici, per via deduttiva. Si trattava di un procedimento puramente speculativo, che prescindeva dal sostegno di prove sperimentali. D'altra parte Boscovich in questo modo raccoglieva una sollecitazione dello stesso Newton che nell'edizione inglese del 1718 dell'opera *Opticks* (Quest. 31) si era chiesto:

“Non hanno le piccole particelle dei corpi certe Energie, Virtù, o Forze, per mezzo delle quali agiscono a distanza, non solo sui raggi della luce per rifletterli, rifrangerli e incurvarli, ma anche tra di loro per produrre la maggior parte dei fenomeni della natura?”

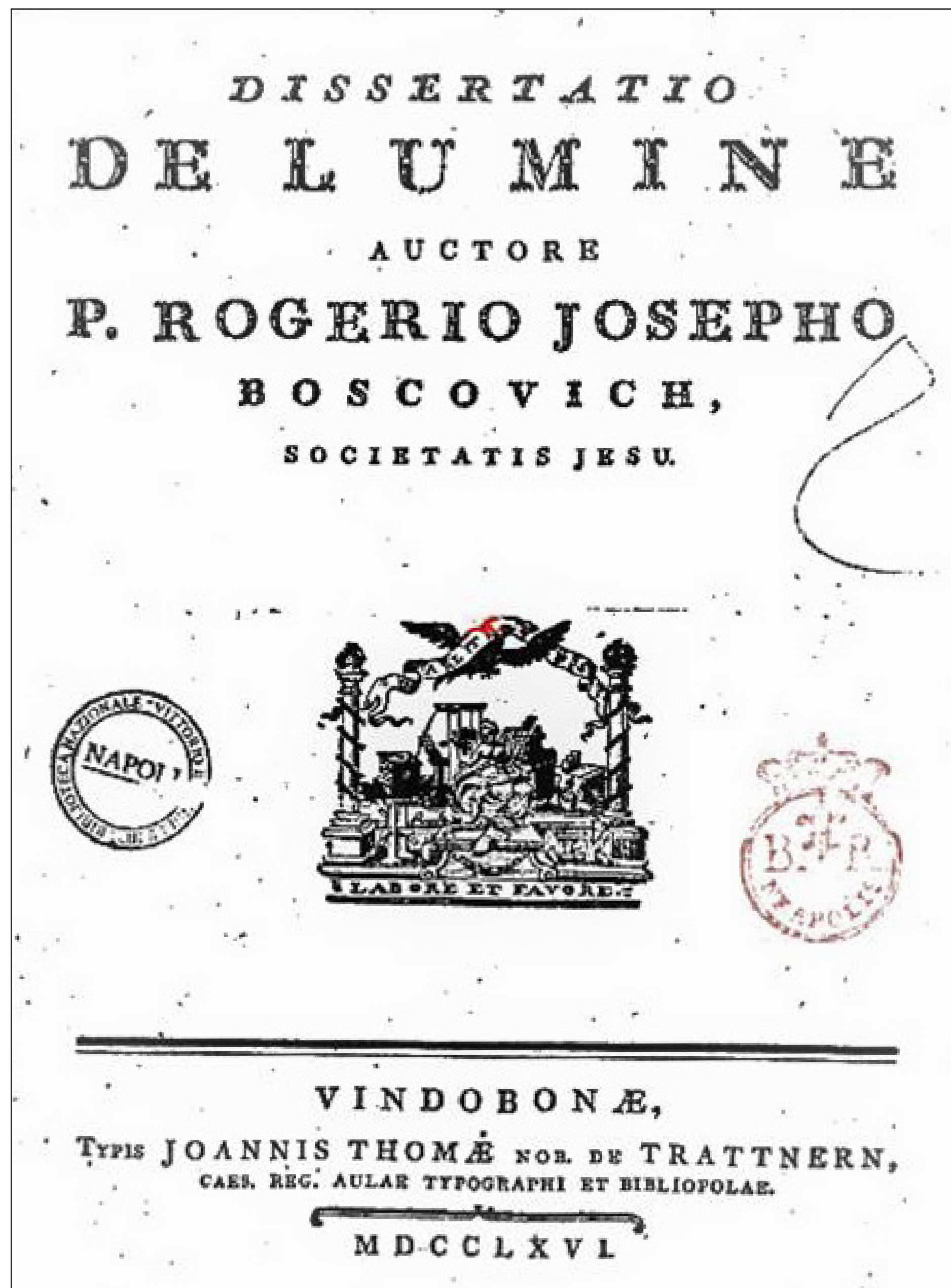


In fig. 1 la curva asintotica oscillante di Boscovich che rappresenta la forza in funzione della distanza dei “puncta”

Quest. 31. Have not the small Particles of Bodies certain Powers, Virtues, or Forces, by which they act at a distance, not only upon the Rays of Light for reflecting, refracting, and inflecting them, but also upon one another for producing a great Part of the Phenomena of Nature? For it's well known, that Bodies act

one upon another by the Attractions of Gravity, Magnetism, and Electricity; and these Instances shew the Tenor and Course of Nature, and make it not improbable but that there may be more attractive Powers than these. For Nature is very consonant and conformable to her self. How these Attractions may be perform'd, I do not here consider. What I call Attraction may be perform'd by impulse, or by some other means unknown to me. I use that Word here to signify only in general any Force by which Bodies tend towards one another, whatsoever be the Cause. For we must learn from the Phenomena of Nature what Bodies attract one another, and what are the Laws and Properties of the Attraction, before we enquire the Cause by which the Attraction is perform'd. The Attractions of Gravity, Magnetism, and Electricity, reach to very sensible distances, and so have been observed by vulgar Eyes, and there may be others which reach to so small distances as hitherto escape Observation; and perhaps electrical Attraction may reach to such small distances, even without being excited by Friction.

SPUNTI RELATIVISTICI NEL PENSIERO DI BOSCOVICH



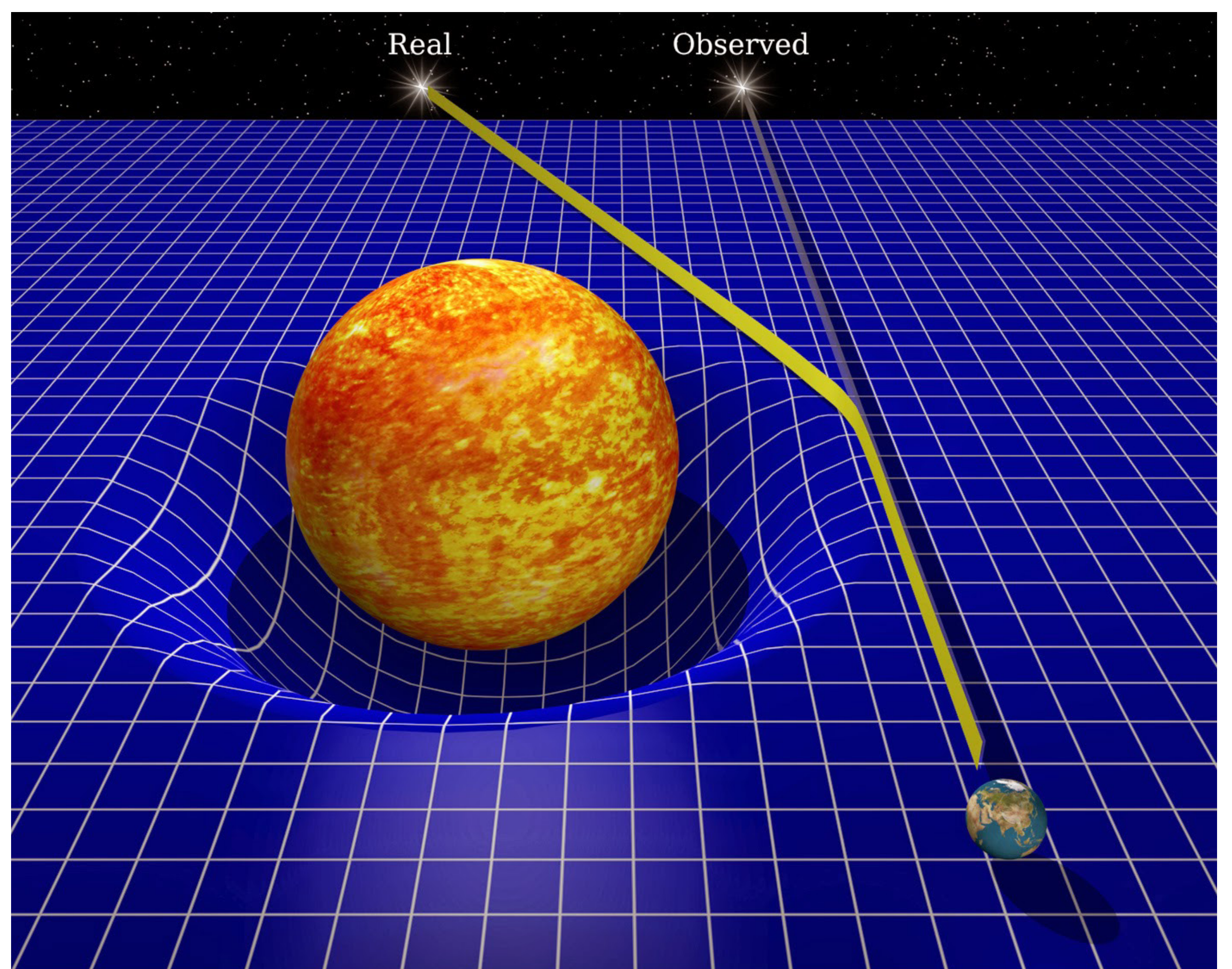
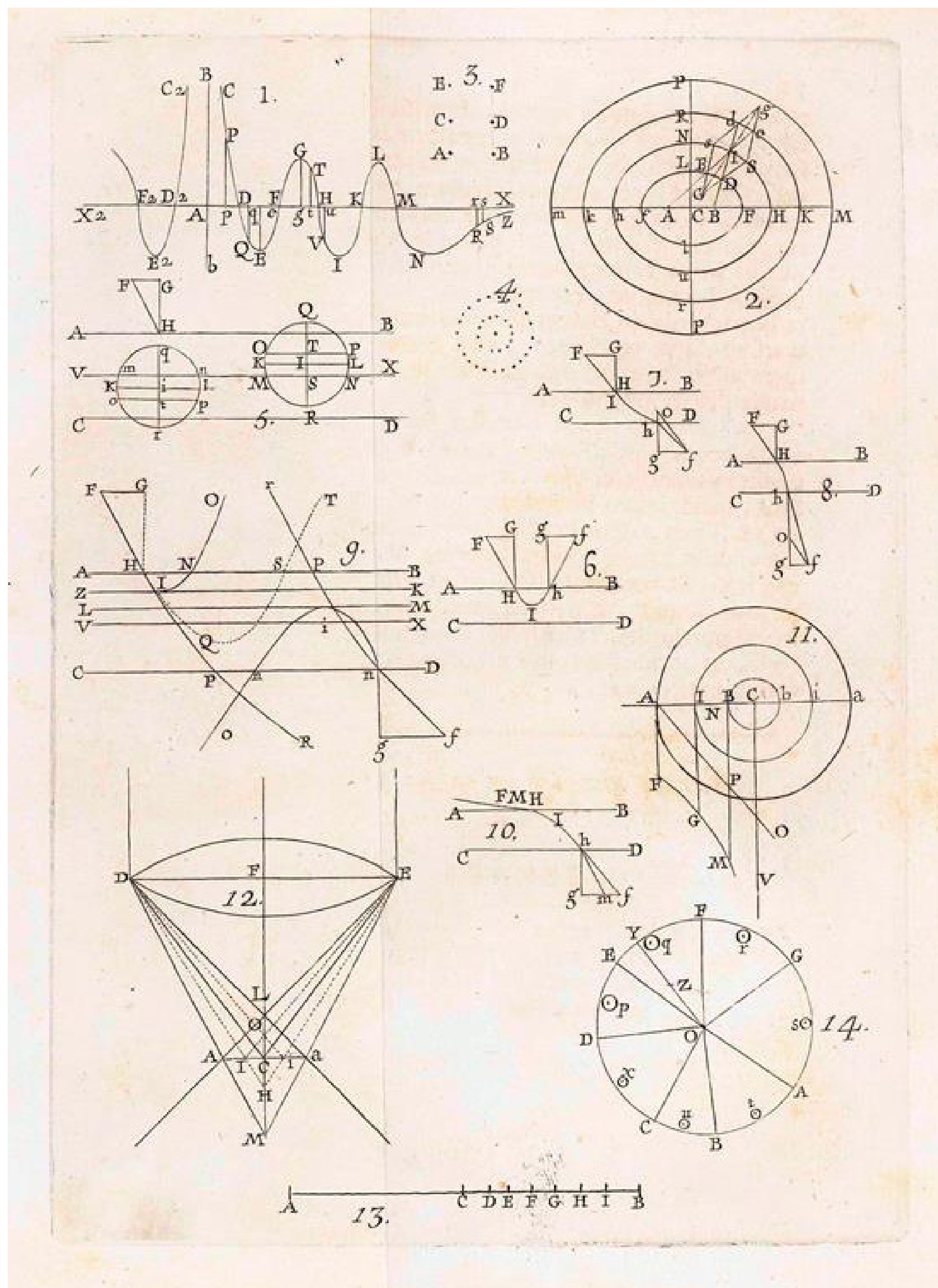
Edizione viennese della *Dissertatio De Lumine*.

Nella prima parte dell'opera *De Lumine* (1748) Boscovich discute criticamente gli assiomi e le definizioni poste da Newton a base dell'ottica. Che la luce si trasmetta in linea retta è alla base dell'ottica geometrica, tuttavia, secondo Boscovich, dal fatto che a brevi distanze ciò avvenga, non assicura la propagazione rettilinea all'infinito. A grandi distanze non si distingue, infatti, un arco di curva da un segmento rettilineo. I raggi di luce potrebbero subire l'effetto delle forze gravitazionali ed essere deviati. L'impiego della geometria euclidea è uno schema fittizio utilizzato per studiare un universo fisico molto più complesso.

Si presenta un circolo vizioso nello studio della fisica, dall'esperienza si pretende di dedurre assiomi e sviluppare delle teorie, mediate i quali la stessa esperienza viene interrogata.

Nella seconda parte dell'opera *De Lumine* troviamo un primo abbozzo della teoria del mondo fisico che verrà sviluppata con maggior ampiezza nell'opera *Philosophiae Naturalis Theoria* di dieci anni dopo.

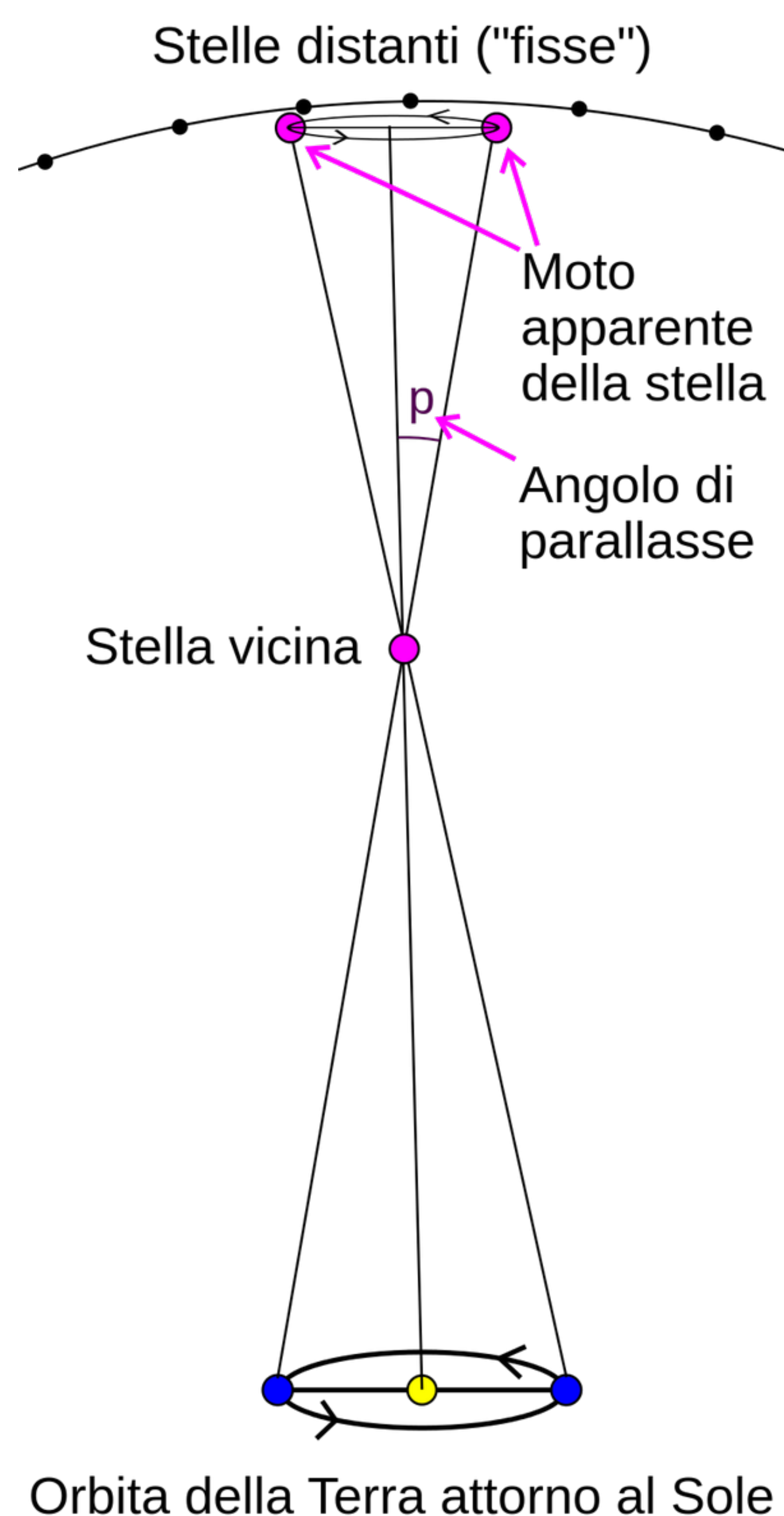
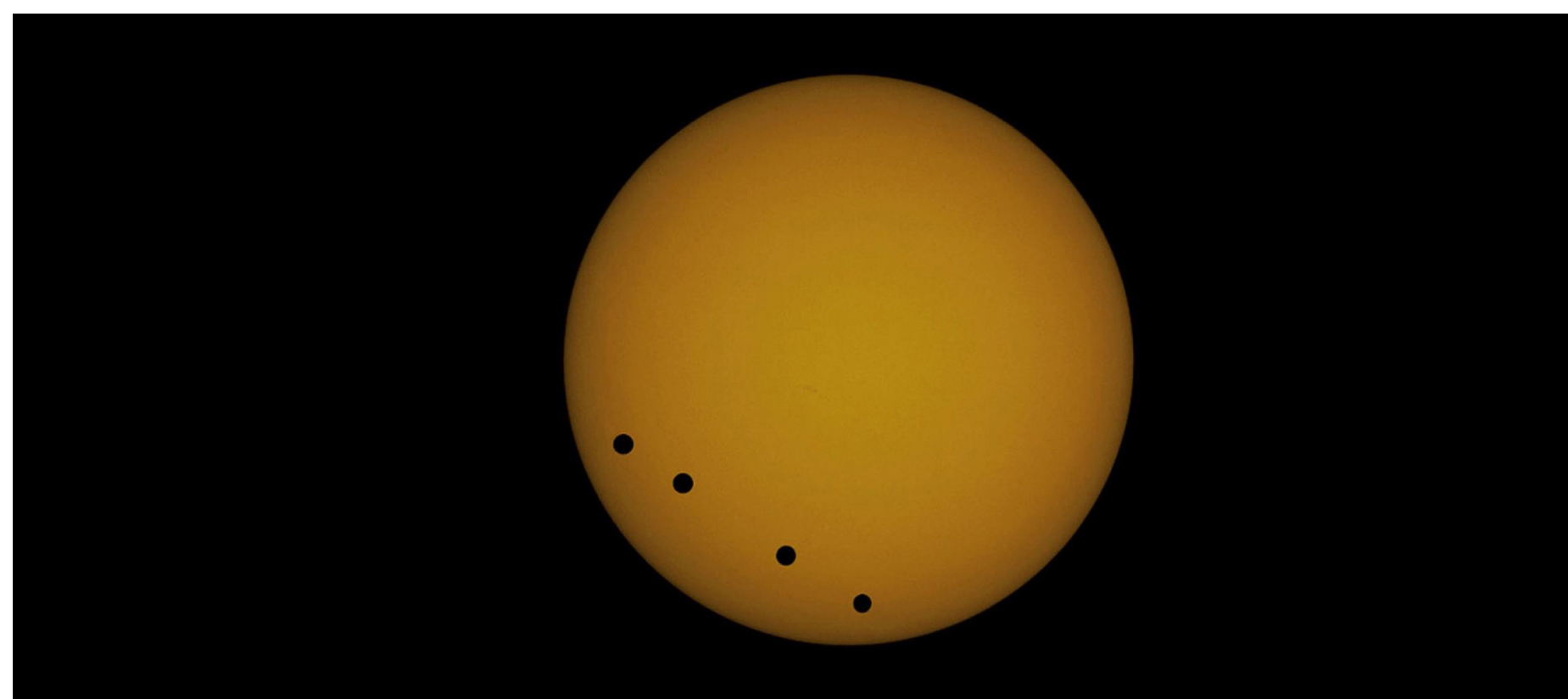
Occorre tuttavia evitare di ritenere Boscovich un anticipatore di teorie che vedranno la luce solo un secolo e mezzo più tardi. La fisica classica e i suoi fondamenti concettuali entreranno in crisi solo dopo essersi confrontati con nuove teorie, come l'elettromagnetismo, le geometrie non euclidee, l'ipotesi dell'etere, ecc.



LA DISTANZA TERRA-SOLE E I TRANSITI DI VENERE

La distanza Terra - Sole

La parallasse è il fenomeno per cui un oggetto sembra spostarsi rispetto allo sfondo quando si cambia il punto di osservazione. Col termine parallasse si indica il valore dell'angolo di spostamento. Misurando l'angolo di parallasse e la distanza di due punti di osservazione, è possibile calcolare per mezzo della trigonometria la distanza dell'oggetto. Il problema è che gli oggetti planetari sono enormemente lontani e dunque lo spostamento della loro posizione apparente è piccolissimo. Compiere la misura diretta è estremamente difficile. Per la determinazione della parallasse solare furono sfruttati diversi fenomeni, tra cui i transiti di Venere, secondo la proposta dell'astronomo Edmond Halley (1656-1742).



I transiti di Venere

Osservando, da due località situate a latitudini molto diverse, il minuscolo disco nero di questo pianeta attraversare il disco del Sole, si vedono descritte corde diverse; dalla durata dei transiti si può risalire al rapporto fra le corde e quindi alla parallasse di Venere.

Essendo noto il rapporto, all'epoca del transito, tra le distanze di Venere e del Sole dalla Terra, si riesce ad ottenere la parallasse solare, e quindi la distanza in chilometri della Terra dal Sole ovvero l'unità astronomica (au).

I passaggi di Venere attraverso il disco solare si verificano assai raramente e sempre in coppia, separati da 8 anni; i primi passaggi utilizzati per la determinazione della parallasse si ebbero nel 1761 e 1769. Il transito di Venere nel 1761 fu osservato da almeno 62 stazioni differenti, quello del 1769 da più di 77.

La messe di dati accumulata fu enorme ed inoltre occorre trovare modalità adeguate di analisi. Fu il matematico **Leonhard Euler**, ad ottenere la migliore approssimazione. Nel 1770, pubblicò un valore di **8,82** secondi d'arco per la parallasse solare, che corrispondeva a una distanza di **151.225.000 km**: circa l'**1%** in più del valore ottenuto oltre duecento anni dopo, alla fine del XX Secolo.

Boscovich e i transiti del 1761 e del 1769

Nel maggio del 1760 Boscovich arrivò in Inghilterra, dove rimase circa 7 mesi. Visitò i migliori ottici dell'epoca, Dolland e Short, e incontrò parecchi letterati e uomini di scienza, tra cui Benjamin Franklin. Frequentò la *Royal Society*, di cui divenne membro.

Un mese dopo il suo arrivo a Londra, scrisse un articolo sulla rivista della *Royal Society* sull'importanza dell'osservazione dei transiti di Venere. A tal proposito scrisse al fratello: *"Ho acceso il fuoco, e spero che qualcosa accadrà; senza il mio arrivo qui non avrebbero fatto certamente niente"*.

L'articolo non conteneva grosse novità sulla fenomenologia o sulla metodologia dei transiti di Venere, ma portava avanti ragioni e motivazioni per cui la *Royal Society* avrebbe dovuto organizzare delle spedizioni per osservarli. Fu così che Boscovich fu invitato dalla *Royal Society* a condurre una spedizione a Costantinopoli per osservare il transito di Venere del 1761 ma per problemi legati al viaggio arrivò tardi e non riuscì ad osservarlo. Otto anni dopo sempre la *Royal Society* lo invitò a condurre una spedizione in California per osservare il transito di Venere del 1769. La spedizione non ebbe esito per la chiusura dei territori spagnoli ai membri della Compagnia di Gesù.

LA ROYAL SOCIETY E IL VIAGGIO A COSTANTINOPOLI



Ex libris con il motto della Royal Society.

La *Royal Society* fu fondata il 28 novembre 1660 allo scopo di promuovere la conoscenza scientifica come viatico per il benessere della società. Il motto *Nullius in verba* allude alla determinazione di stabilire i fatti attraverso il metodo sperimentale. Isaac Newton fu uno dei primi membri eletto nel 1672 e ne fu il presidente dal 1703 al 1727.

A metà del 1700 i maggiori scienziati inglesi conoscevano Boscovich, molti lo avevano anche incontrato a Roma. La ricezione delle sue idee in Inghilterra va considerata all'interno del più ampio quadro newtoniano; la sua opera giudicata più importante, *Philosophiae naturalis theoria redacta ad unicam legem virium in natura existentium* (Vienna 1758), riecheggia infatti i *Principia* e annuncia l'adempimento del sogno di Newton di unificare tutte le forze della natura.

Boscovich soggiornò in Inghilterra da giugno a dicembre 1760; lasciò Londra diretto a Costantinopoli con l'incarico di osservare, per conto della *Royal Society*, di cui fu eletto socio nel gennaio del 1761, il transito di Venere attraverso il disco solare previsto il 6 giugno del 1761.

Le tappe del viaggio a Costantinopoli

Dopo aver attraversato il Belgio e l'Olanda, Boscovich attraversò la Germania fino a Monaco, poi passando per Trento e Verona giunse a Venezia i primi di maggio del 1761. Qui si unì all'ambasciatore veneto, Pietro Correr, per proseguire insieme il viaggio. Fece sosta a Corfù, Lemnos, Gallipoli e nei pressi dello stretto di Tenedos, ove visitò le rovine di Troia. Il 15 ottobre 1761 raggiunse la capitale ottomana, purtroppo non più in tempo per osservare il passaggio di Venere.

Da Costantinopoli Boscovich ripartì il 24 maggio 1762 in compagnia dell'ambasciatore inglese James Porter. A causa della guerra dei sette anni, per raggiungere i confini della Prussia alleata dell'Inghilterra, l'ambasciatore Porter, e con lui Boscovich, dovette attraversare la Valacchia, la Moldavia e la Polonia.

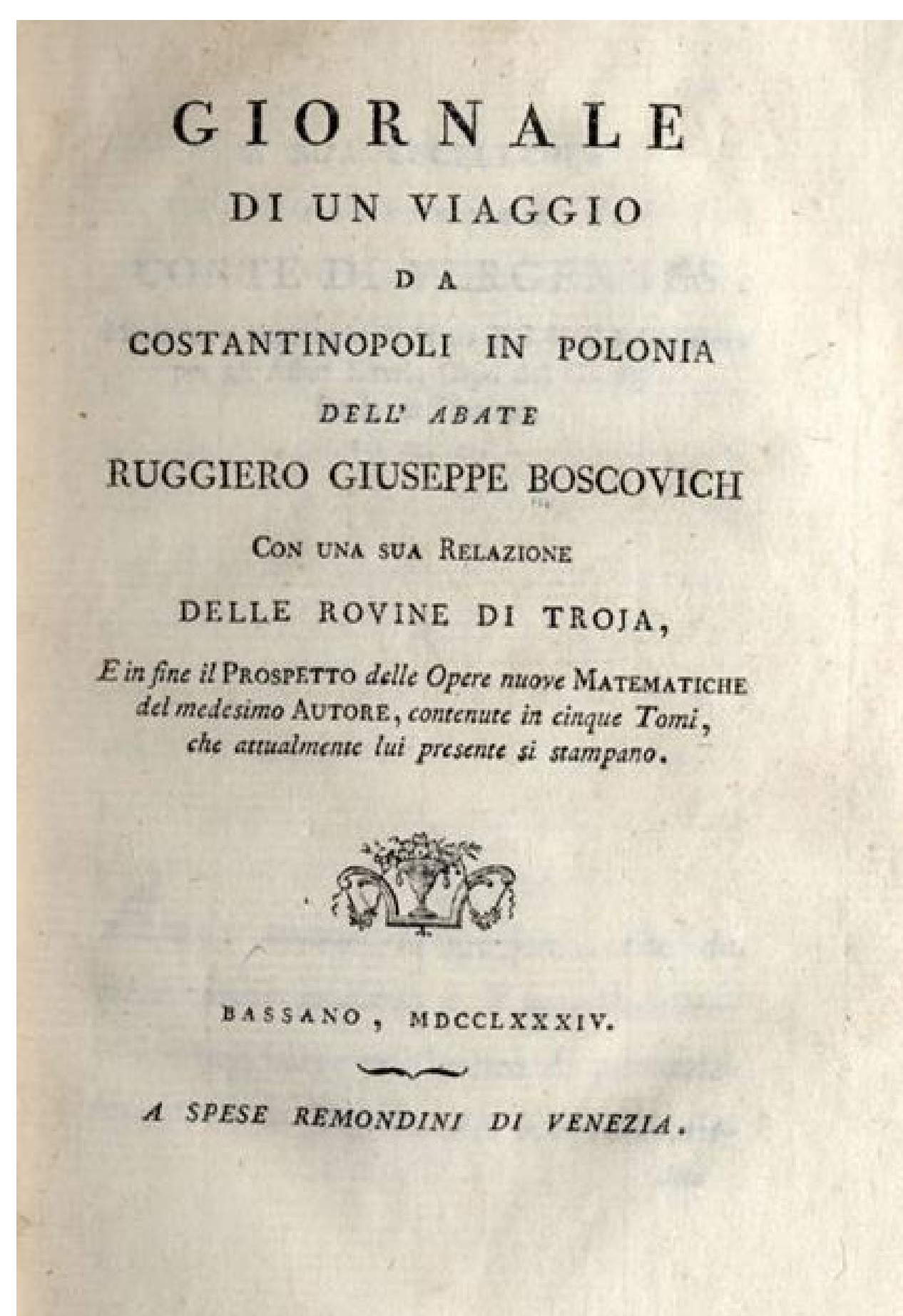
Il diario del viaggio di ritorno da Costantinopoli

Boscovich stese un diario del viaggio di ritorno da Costantinopoli, che copre il periodo dal 24 maggio al 15 luglio 1762, ove fornisce una dettagliata descrizione dei luoghi incontrati, delle abitudini e della cultura degli abitanti e dei rapporti intrattenuti con i rappresentanti religiosi delle comunità. Il diario contiene 323 pagine e fu stampato a Venezia nel 1784.

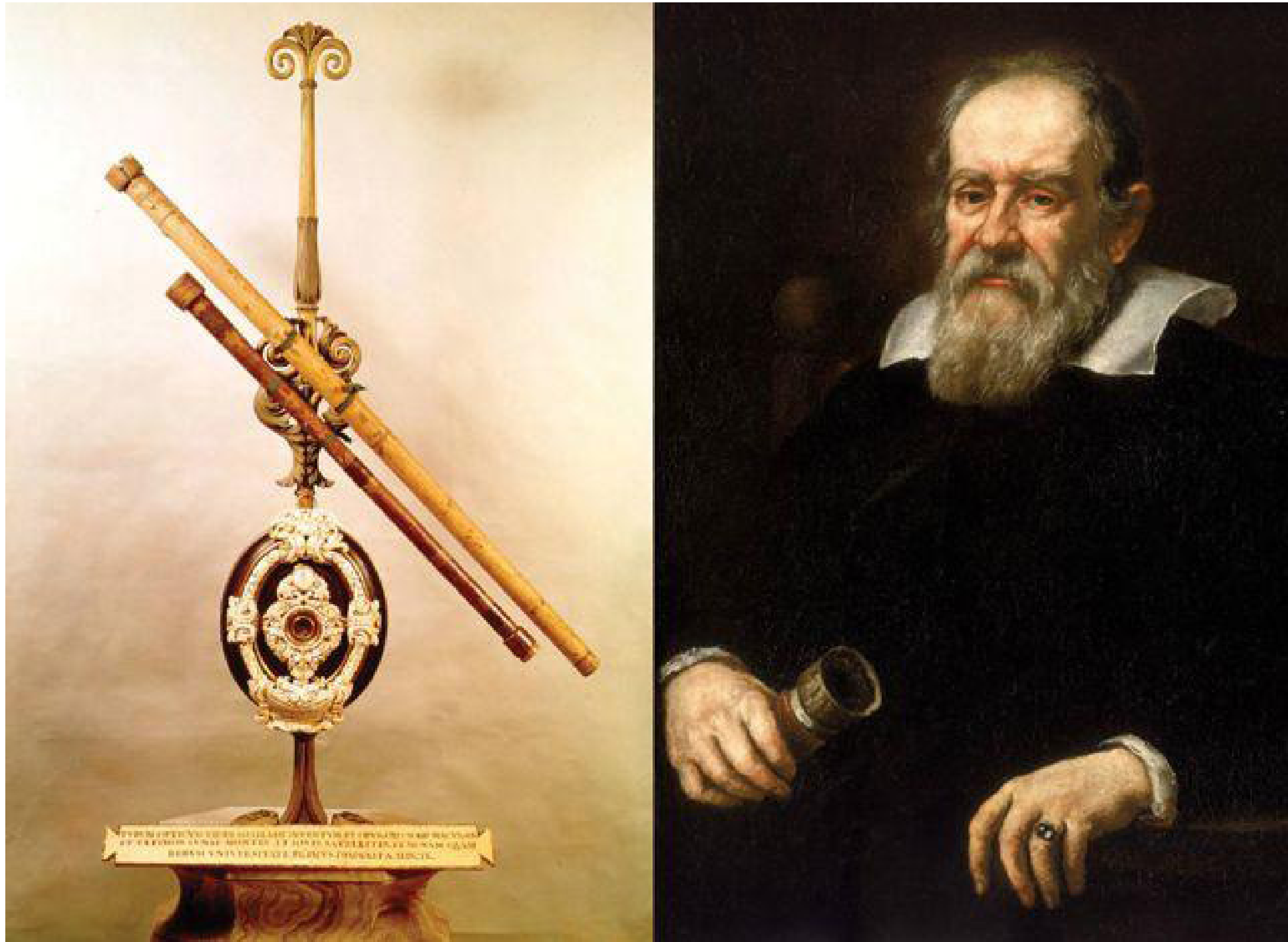
Boscovich elenca i nomi di tutte le località attraversate, dei fiumi e dei monti, ed indica sempre le ore di partenza e di arrivo, allo scopo di determinare la distanza tra i luoghi e di correggere le carte geografiche imprecise di quelle regioni. Egli determinò anche la latitudine e la longitudine di Gallaz (Galati), un importante riferimento per il calcolo delle coordinate geografiche-astronomiche di altre località.



La linea scura indica il percorso di Boscovich da Costantinopoli ai confini con la Polonia



L'OTTICA: DAL TELESCOPIO DI GALILEO AGLI STUDI DI NEWTON



La nascita del telescopio si può far risalire a **Galileo**, il quale ne mostrò un'applicazione a Venezia nel 1609. In realtà, i primi cannocchiali furono costruiti pochi anni prima da ottici olandesi; Galileo ebbe il merito del loro perfezionamento e del primo uso astronomico.

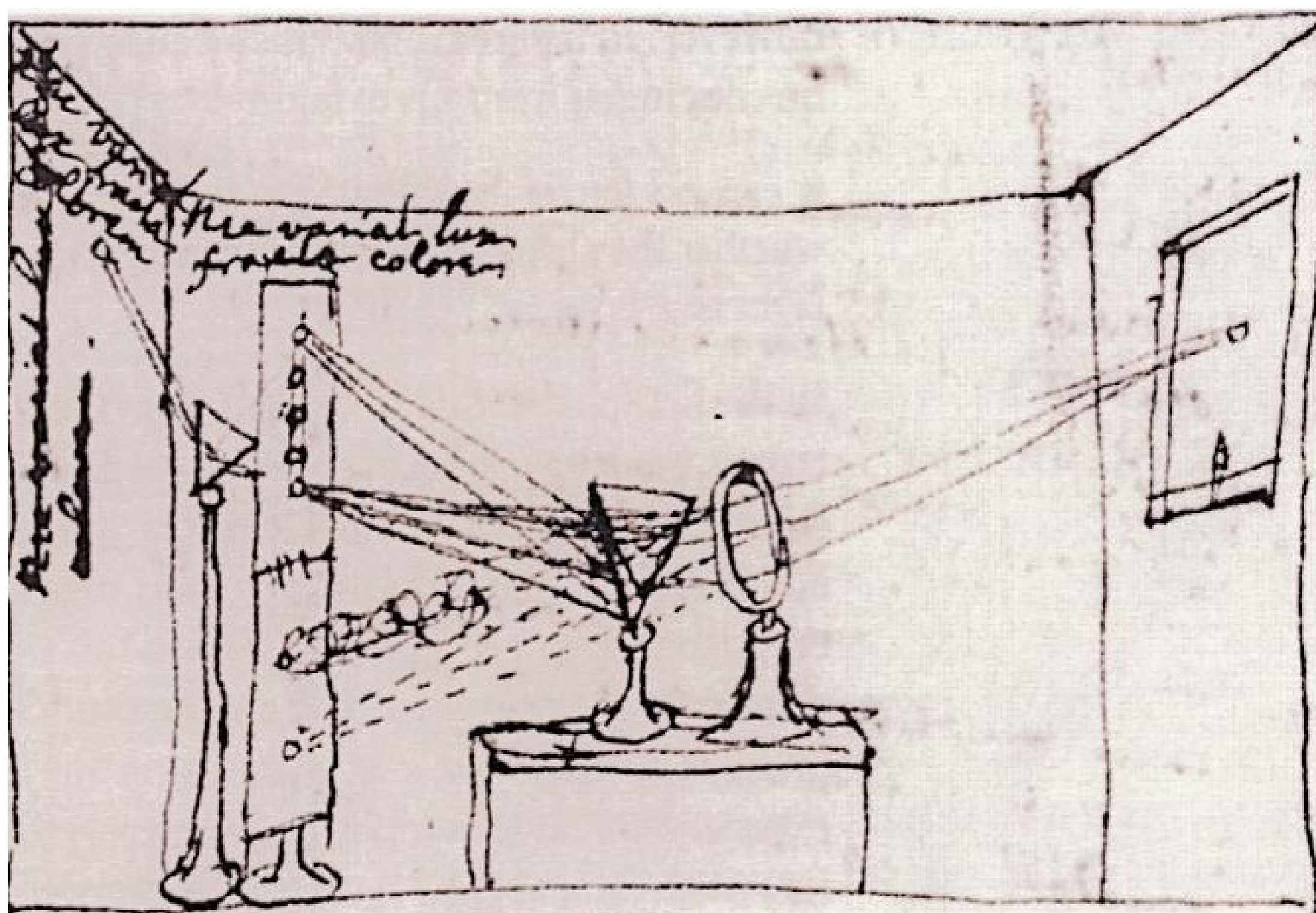
L'*Experimentum crucis* di Newton

Sviluppi nello studio dei telescopi si devono a **Newton**. *Opticks, or a Treatise of the Reflexions, Refractions, Inflexions and Colours of Light* (1704) è il titolo dell'opera principale di Newton sull'ottica. Negli anni 1665-1666 Newton compì una serie di esperimenti che lo portarono a riconoscere la luce bianca come il prodotto della miscelazione dei diversi colori: da un forellino nella finestra di una stanza perfettamente oscurata fece entrare la luce che veniva poi intercettata da un prisma di vetro. Newton osservò che sulla parete opposta appariva un'immagine di forma allungata che comprendeva tutti i colori dell'iride. Affermò correttamente che lo spettro appariva allungato perché i colori avevano indice di rifrazione diverso. Proprio a causa del diverso valore di rifrazione delle lunghezze d'onda che compongono la luce, le lenti usate come obiettivi nei telescopi a rifrazione producevano immagini circondate da aloni colorati (**aberrazione cromatica**).

La teoria corpuscolare della luce

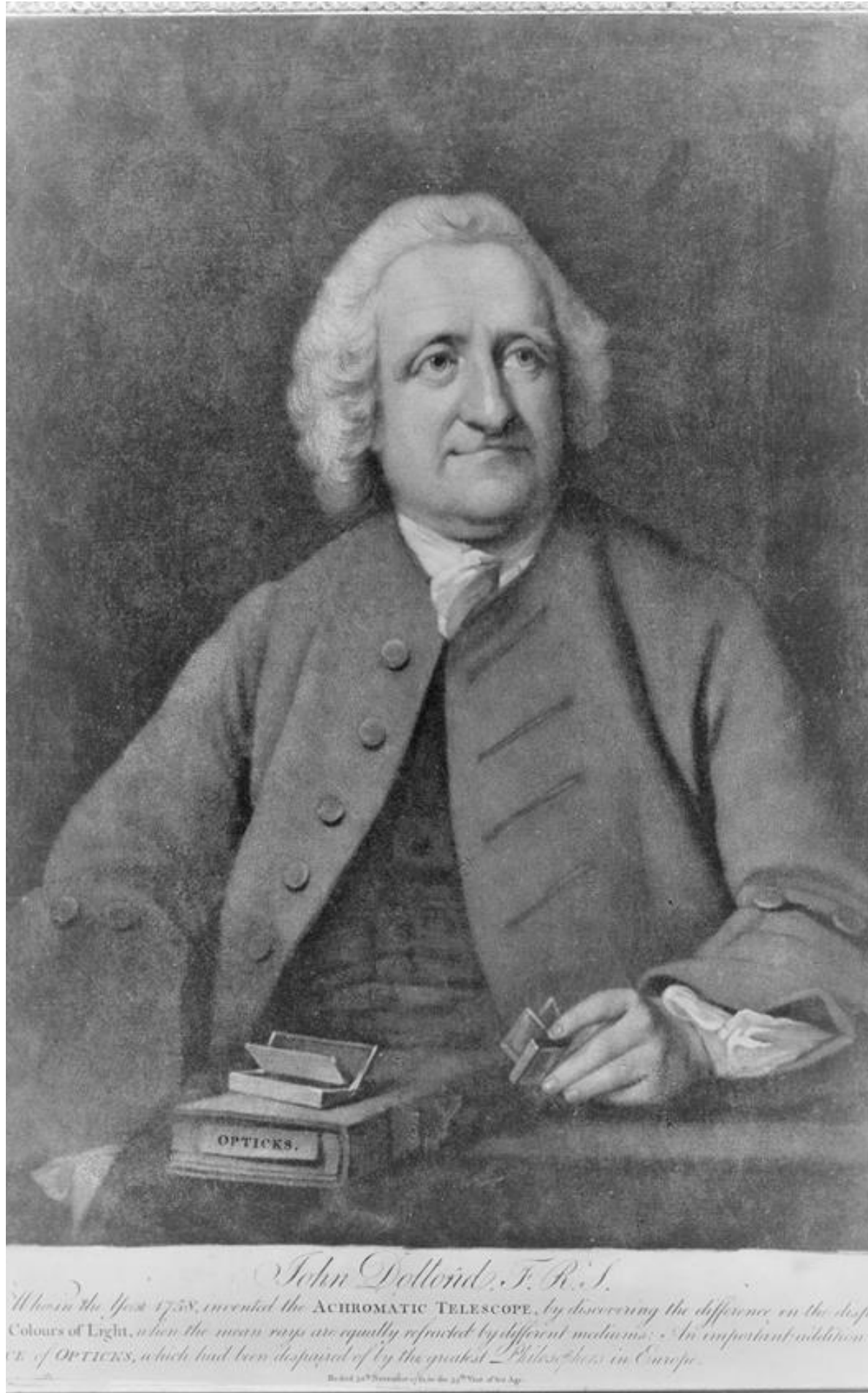
Newton fu il principale sostenitore della teoria corpuscolare della luce secondo la quale la luce era un flusso di particelle velocissime che si muovono in linea retta e con tale teoria veniva spiegato il fenomeno della rifrazione. Quando la luce attraversa una superficie che separa un mezzo meno denso, come l'aria, da uno più denso, come l'acqua, essa devia dalla traiettoria e si avvicina alla perpendicolare alla superficie di separazione. Ciò veniva spiegato ipotizzando che il mezzo più denso esercitasse un'attrazione sulla luce conferendole una ulteriore componente di velocità perpendicolare alla superficie, avvicinando così la traiettoria alla perpendicolare stessa.

Ritenendo impossibile correggere l'aberrazione cromatica, Newton propose di usare come obiettivi degli specchi concavi con funzione riflettente. Così costruì il telescopio riflettore che ancora oggi porta il suo nome.



Schizzo di Newton del suo *experimentum crucis*.
Fonte: Warden and Fellows, New Colleg, Oxford

IL CANNOCCHIALE ACROMATICO DI DOLLOND



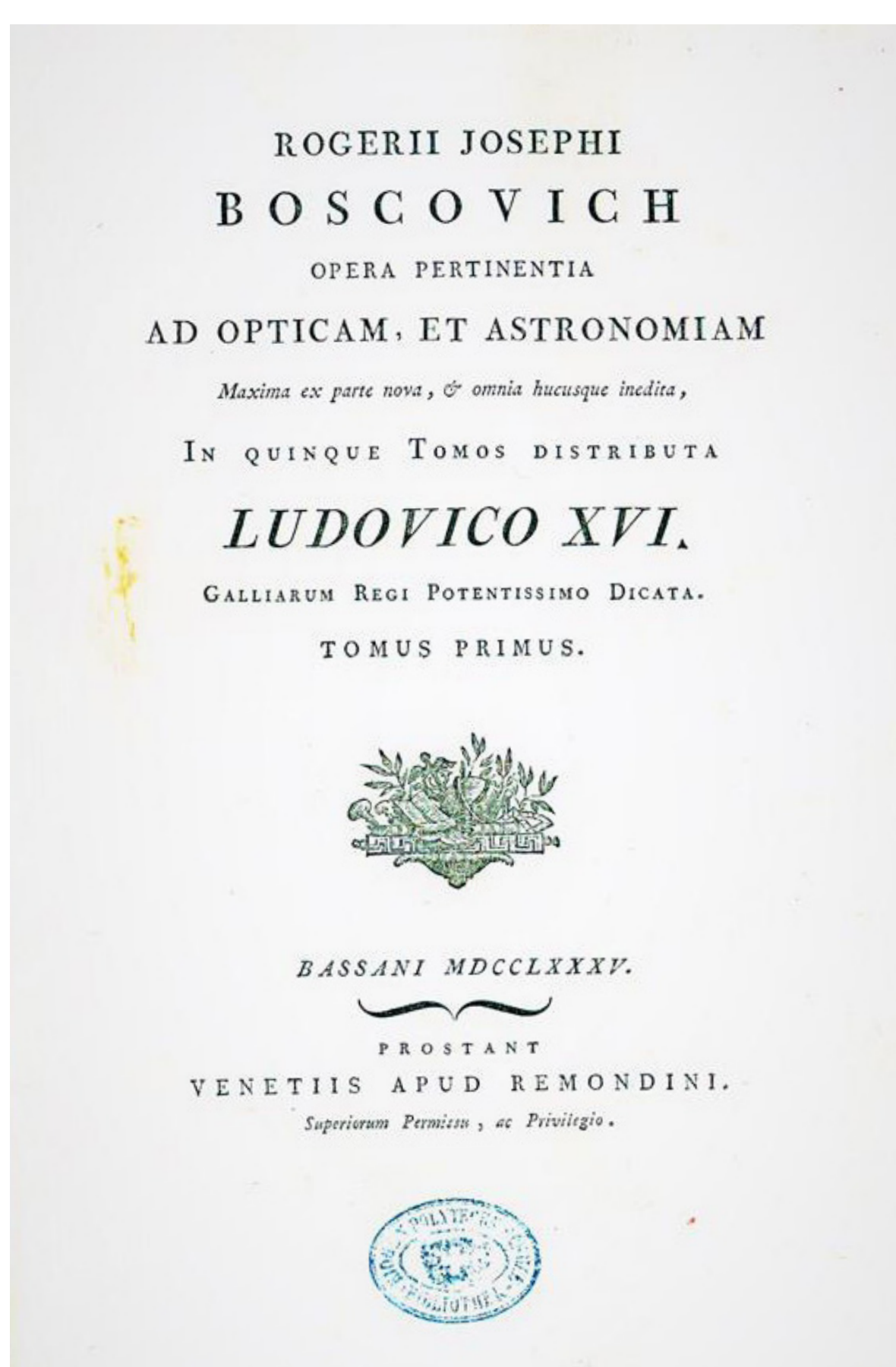
Nel 1755 l'ottico inglese **John Dollond**, per compensare la diversa rifrazione dei colori, effettuò esperimenti con prismi composti di vetro e acqua. Nel 1758 egli fu in grado di annunciare la realizzazione di un cannocchiale acromatico, a cui pervenne presumibilmente per via puramente empirica, non avendo fornito alcuna teoria di questo obiettivo.

La collaborazione di Boscovich con l'ottico lucchese Conti

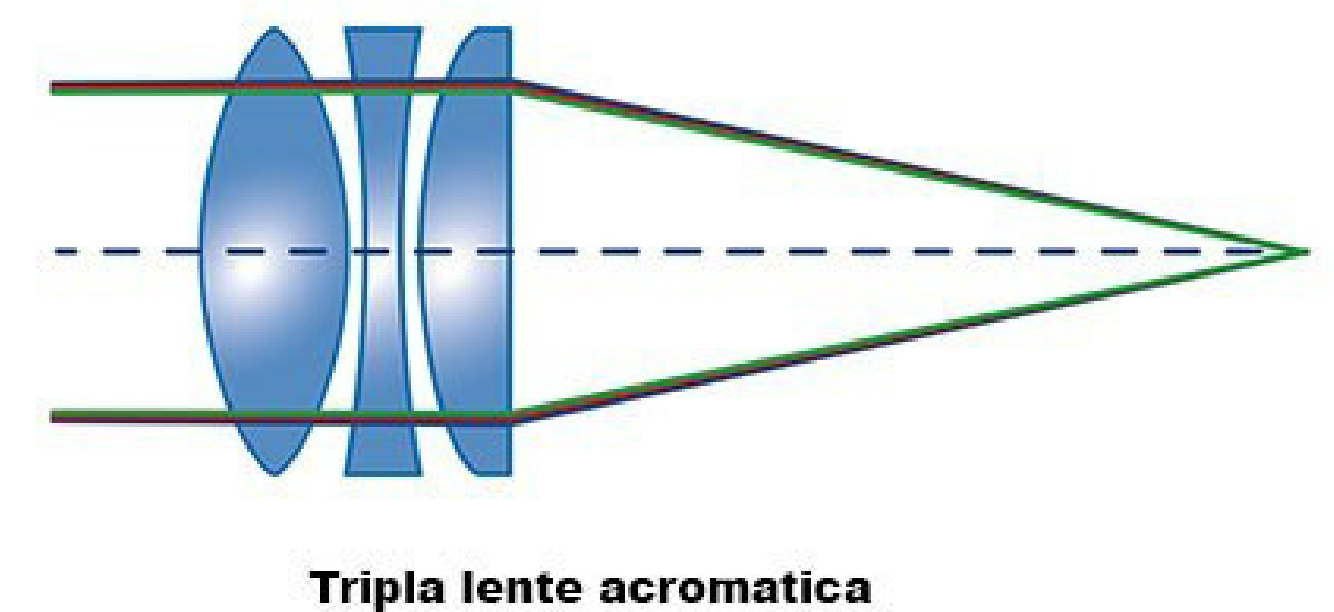
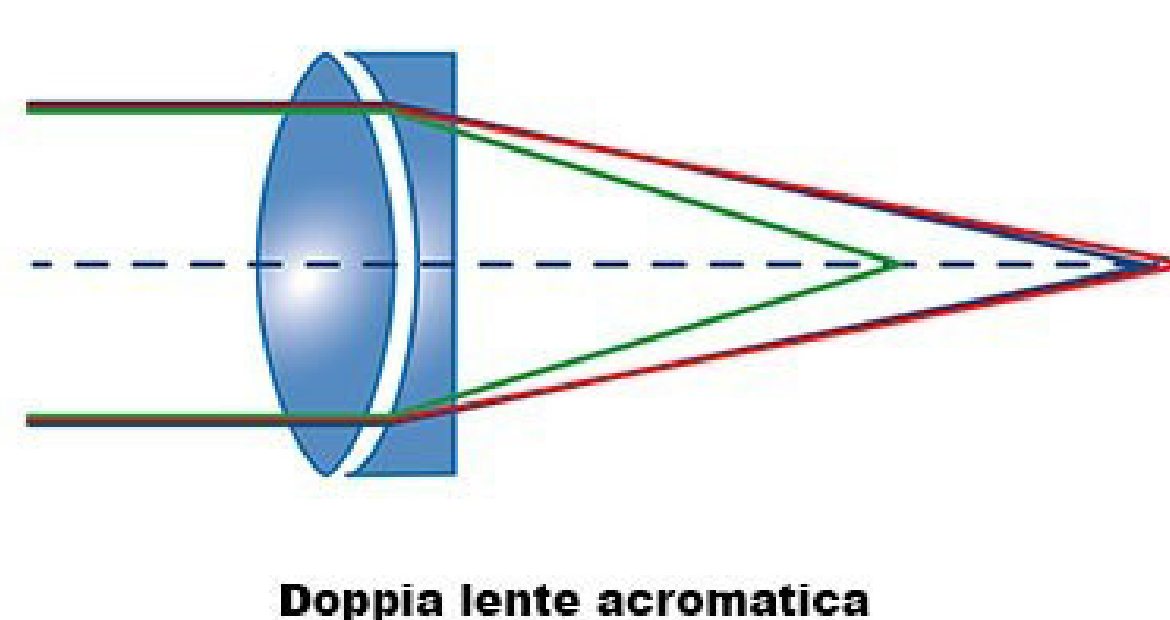
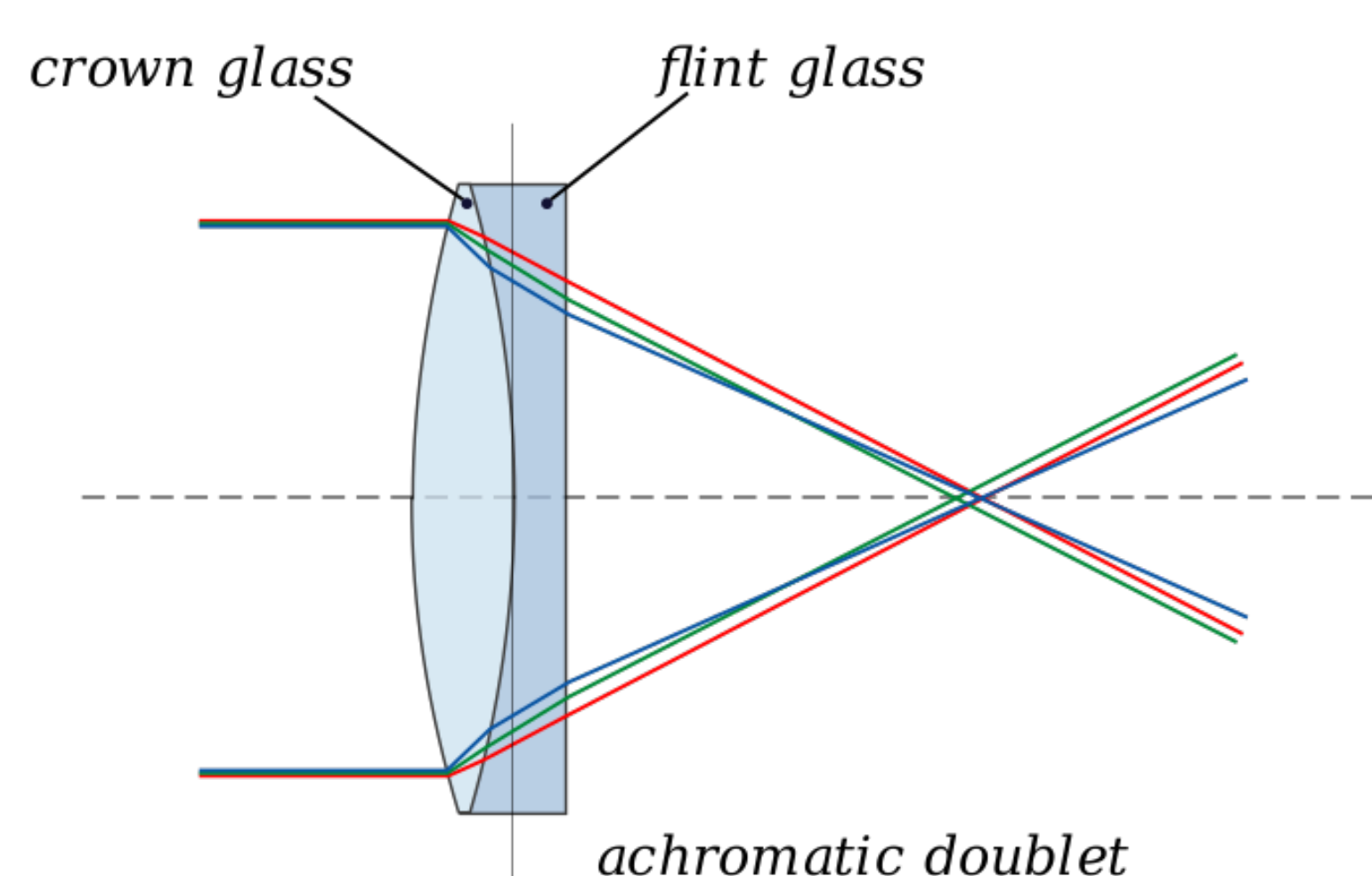
Solo dopo il suo arrivo a Londra, nel giugno 1760, Boscovich venne a conoscenza del lavoro di Dollond. Più tardi nel corso del suo soggiorno lucchese (giugno-luglio 1763) iniziò una feconda e lunga collaborazione con Giovanni Stefano Conti per la realizzazione di obiettivi acromatici. Un contributo alla ricostruzione di questa collaborazione è dato dal carteggio con Conti.

Boscovich mise a punto e sperimentò nuovi metodi per la costruzione di obiettivi acromatici costituiti da due lenti, ma soprattutto progettò strumenti per la misura dell'indice di rifrazione, della dispersione e della curvatura delle lenti dei sistemi diottrici.

Nell'impossibilità di correggere completamente l'aberrazione cromatica con due sole lenti, studiò i sistemi obiettivi acromatici a tre lenti. I risultati vennero pubblicati nei primi due volumi di *Opera Pertinentia ad Opticam et Astronomiam* (1785).



Cannocchiale acromatico di Dollond



UN “PARERE” PER RIFORMARE GLI STUDI A PAVIA

L'Università di Pavia (allora chiamata “Studio Generale”) fu fondata nel 1361 per volontà di Galeazzo II Visconti duca di Milano e ricevette da Carlo IV di Lussemburgo il riconoscimento imperiale.

Nel 1389 Papa Bonifazio IX le accordò gli stessi privilegi goduti dalle Università di Parigi e di Bologna. Lo “Studio Generale” comprendeva l’“Università dei Giuristi” con gli insegnamenti di diritto canonico e civile, e l’“Università degli Artisti” con gli insegnamenti di medicina, filosofia, arti liberali.

Agli inizi lo Studio non ebbe vita facile ma il suo prestigio crebbe nel XV secolo. Seguirono poi periodi di decadenza a causa degli eventi storici che coinvolsero la città.

La rinascita dell’ateneo avvenne nella seconda metà del 1700 grazie alla politica illuminata dei sovrani di Casa d’Austria, Maria Teresa e Giuseppe II. Essa fu accompagnata da un grandioso programma di potenziamento delle strutture didattiche, di ricerca e di riassetto edilizio, che ha dato alla sede dell’Università l’aspetto che essa ancora oggi conserva.

Boscovich a Pavia

È in questo programma di rinnovamento che si inserisce anche la chiamata di Boscovich a Pavia, nel 1763, su sollecitazione di Carlo di Firmian e della stessa imperatrice Maria Teresa d’Austria, a ricoprire la cattedra di Matematica con uno stipendio eccezionale di 4.500 lire all’anno. Egli iniziò le lezioni nella primavera del 1764. Su richiesta della Giunta Universitaria Boscovich stese un “Parere” nel quale delineò le carenze nelle attrezzature universitarie come biblioteche e gabinetti scientifici. Allo stesso tempo avanzò proposte e soluzioni sia per quanto riguarda il suo insegnamento sia nei confronti del sistema educativo in generale.

Boscovich proponeva due insegnamenti di matematica: uno più elementare e uno più avanzato che riservava a sé per l’esposizione della *Matematica Sublime*. Nell’arco di un biennio avrebbe trattato le equazioni algebriche di grado superiore, la geometria analitica, la teoria delle sezioni coniche, le curve di grado superiore, le serie, i fondamenti del calcolo differenziale e integrale.

Da Pavia a Milano

Alla fine di giugno del 1769 Boscovich lasciò definitivamente Pavia e si trasferì a Milano col nuovo incarico di professore di ottica e astronomia presso le Scuole Palatine, un’antica istituzione di studi superiori che dopo la metà del Settecento, con le riforme austriache, avevano ampliato l’offerta formativa non più solo rivolta alla cultura classica, ma anche ad una solida formazione pratica e scientifica. In queste scuole Boscovich rimase fino alla soppressione del suo ordine religioso, nel 1773.



M. van Meystens, *Maria Teresa d’Austria*, 1759.



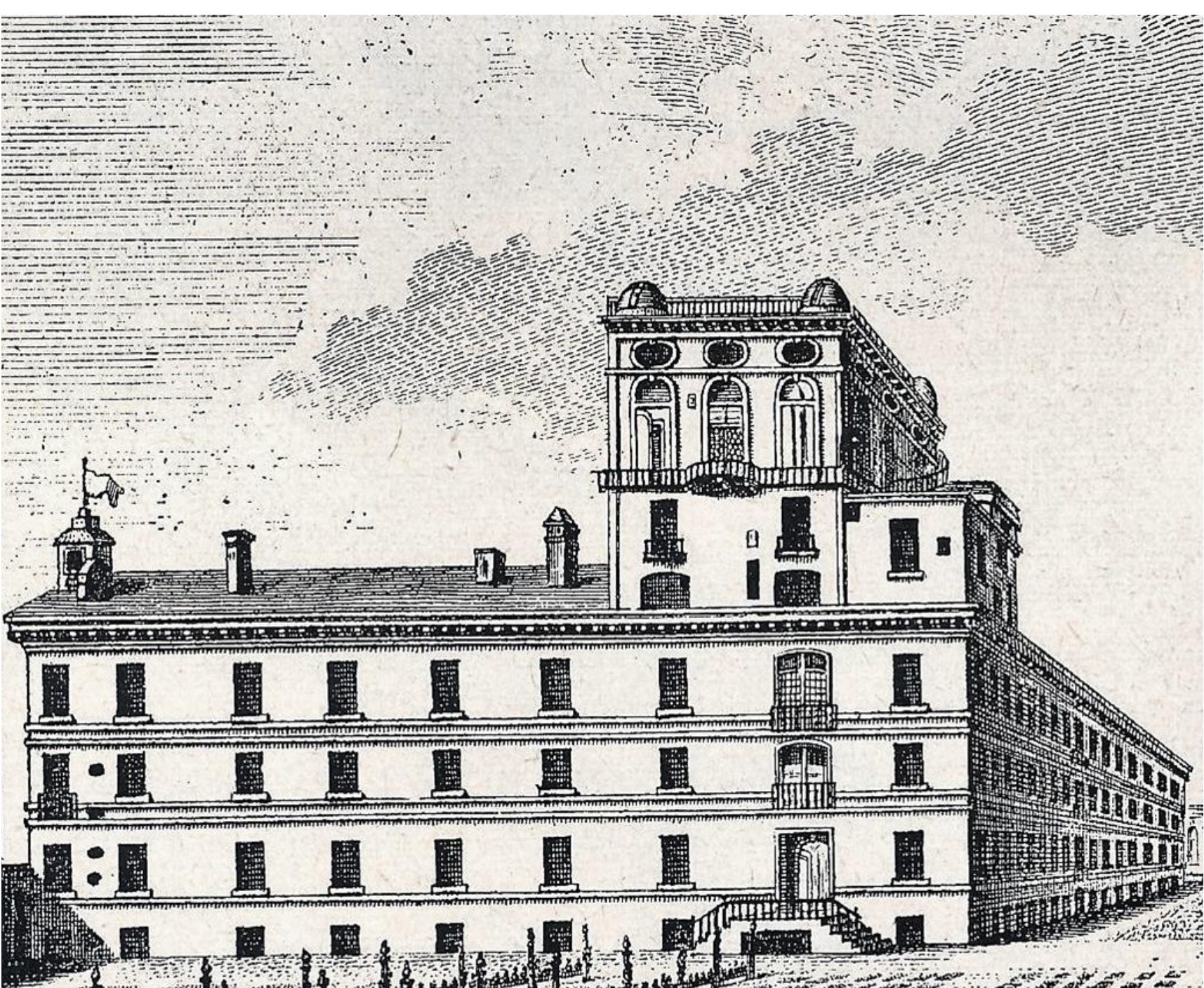
Scuole Palatine, Piazza dei Mercanti, Milano.

L'OSSERVATORIO ASTRONOMICO DI BRERA



Modello in legno dell'Osservatorio progettato da Boscovich.

La nascita del Collegio dei Gesuiti di Brera avvenne grazie al cardinale Carlo Borromeo (1538-1584), arcivescovo di Milano, che affidò il convento dei frati dell'ordine religioso degli Umiliati, abolito da Pio V, ai Gesuiti assegnando loro il compito di istituirci una scuola d'istruzione superiore per il clero e per la nobiltà. Nel 1760 due padri gesuiti del Collegio di Brera, Giuseppe Bovio e Domenico Gerra, scoprirono una nuova cometa. Fu il successo di questa scoperta a convincere il rettore del Collegio, padre Federico Pallavicini, a potenziare l'attività astronomica fondando un vero osservatorio. Il compito venne affidato al Padre Giuseppe La Grange, coadiuvato da Boscovich che nel 1764 venne incaricato di stendere il progetto. Oltre ad essere matematico e astronomo, Boscovich era infatti anche esperto in architettura e ingegneria civile e in pochi mesi progettò e fece costruire alla sommità dell'angolo sudorientale del Palazzo di Brera, i locali che avrebbero ospitato l'Osservatorio Astronomico.

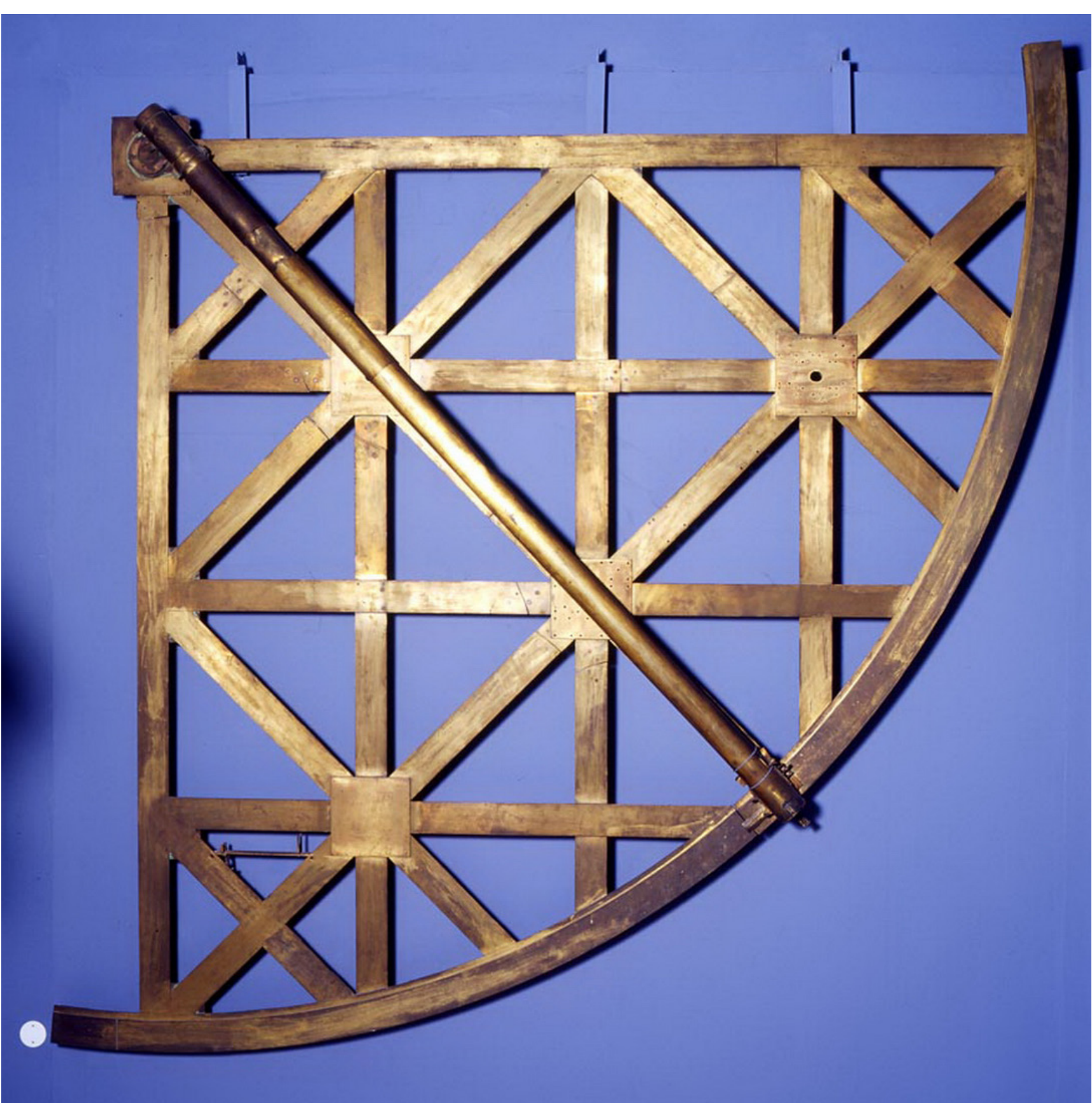


Palazzo di Brera con l'Osservatorio nell'angolo sudorientale.

L'Osservatorio era composto da due piani: il piano inferiore era diviso in cinque stanze che ospitavano i quadranti murali, gli orologi a pendolo e altri strumenti astronomici; il piano superiore consisteva di un'unica stanza, a pianta ottagonale, che era usata per le osservazioni con i telescopi. Sopra la stanza ottagonale si trovava una terrazza dotata di due cupole coniche.

“Il n'existoit point jusqu'ici d'Observatoire bâti avec tant d'art, parce quel es grands Architectes ne sont point Astronomes, et quel es Astronomes ne sont point Architectes;...”

Lalande, Journal des Savants, (1776).



Quadrante murale di Ramsden (Londra 1791): otto piedi inglesi di raggio, costruito su commissione di Boscovich nel 1773 ed entrato nell'Osservatorio nel 1791, vero capolavoro dell'epoca per precisione del piano dell'arco e per la divisione, simile a quello di Parigi e di Greenwich, in uso fino al 1840. Servì per le osservazioni del Sole, della Luna, dei pianeti maggiori e dei primi pianetini.



Cannocchiale acromatico di Dollond (Londra 1770): acromatico perché corregge il fenomeno dell'aberrazione cromatica assiale, dovuto al diverso valore di rifrazione delle diverse lunghezze d'onda della luce che passa attraverso lo strumento ottico.

AMICI E NEMICI DI BOSCOVICH A PARIGI

Boscovich giunse per la prima volta a Parigi nell'agosto del 1759 e vi restò sino a gennaio del 1760; a Parigi strinse legami culturali e sociali che gli saranno molto utili nei successivi soggiorni a Parigi.

Il secondo viaggio a Parigi avvenne nel 1769 e fu dettato dalla necessità di sottoporsi alle cure del famoso medico Morand, per l'infezione ad una gamba contratta nel 1762 a Costantinopoli.

L'ultimo soggiorno durò circa dieci anni; dopo la soppressione dell'ordine dei Gesuiti, nel 1773 fu invitato dagli amici francesi a trasferirsi a Parigi. Qui gli venne offerta una pensione ed il posto di direttore dell'Ottica Navale Francese. Lasciò Parigi nel 1782, avendo chiesto al Re Luigi XVI un congedo per recarsi in Italia e pubblicare le sue opere sull'ottica e sull'astronomia. Non farà più ritorno in Francia.

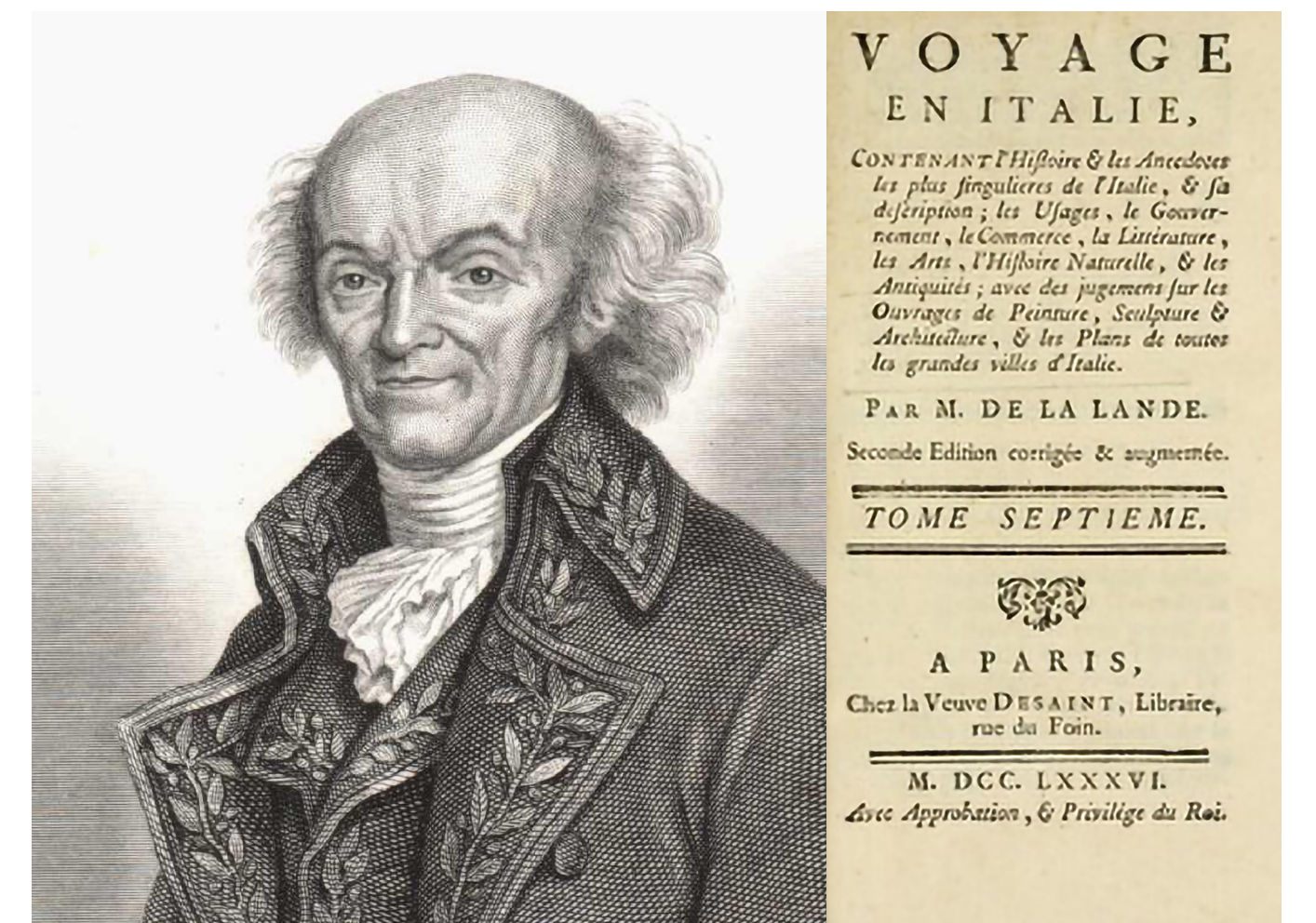


Una delle più importanti amicizie di Boscovich fu quella con il matematico e fisico **Alexis Claude Clairaut** (1713-1765). Si conobbero a Parigi nel novembre del 1759, mentre Clairaut stava perfezionando i calcoli per la previsione del ritorno della cometa di Halley, insieme all'astronomo Jerome de Lalande e alla matematica Nicole Reine Lepaute. L'amicizia non impedì che i due matematici si confrontassero e avessero idee contrapposte in ambito scientifico. Boscovich, all'epoca, aveva già pubblicato molto in astronomia, ottica teorica e pratica, meccanica teorica ed applicata; nei suoi lavori utilizzava i metodi della geometria classica (Euclide, Apollonio), ritenuti da Clairaut ormai obsoleti e superati dall'avvento del calcolo infinitesimale.

Jerome de Lalande (1732-1807) fu direttore dell'Osservatorio di Parigi dal 1795 fino al 1801, a lui si deve il catalogo più completo di quel tempo, con la posizione di 47390 stelle, pubblicato nel 1801 col titolo *Historie Céleste Francaise*.

Boscovich conobbe Lalande durante il primo soggiorno a Parigi, la loro amicizia durò fino alla morte del primo.

Lalande fu sempre un suo forte sostenitore, fino al punto da essere chiamato da D'Alembert il "tirapiedi di Boscovich". Tra le loro collaborazioni ricordiamo gli studi sul pianeta Urano; inoltre, quando Lalande visitò l'Italia ebbe Boscovich al suo fianco per un lungo tratto del viaggio.



Jean Baptiste Le Rond D'Alembert (1717-1783) fisico, matematico e filosofo francese, viene ricordato principalmente per la sua collaborazione alla stesura dell'*Encyclopédie*.

Fu uno dei principali oppositori di Boscovich. D'Alembert fu in corrispondenza con Joseph Louis Lagrange (1736-1813) e con Paolo Frisi (1728-1784). Al primo, presentando la sua opera *Sur la destruction des Jésuites en France* (1765), scrive di augurarsi che l'odiato ordine venga sciolto; con Frisi si lamenta della personalità di Boscovich e di come egli abbia cercato di entrare a far parte dell'*Académie des Sciences* eludendo le normali procedure.

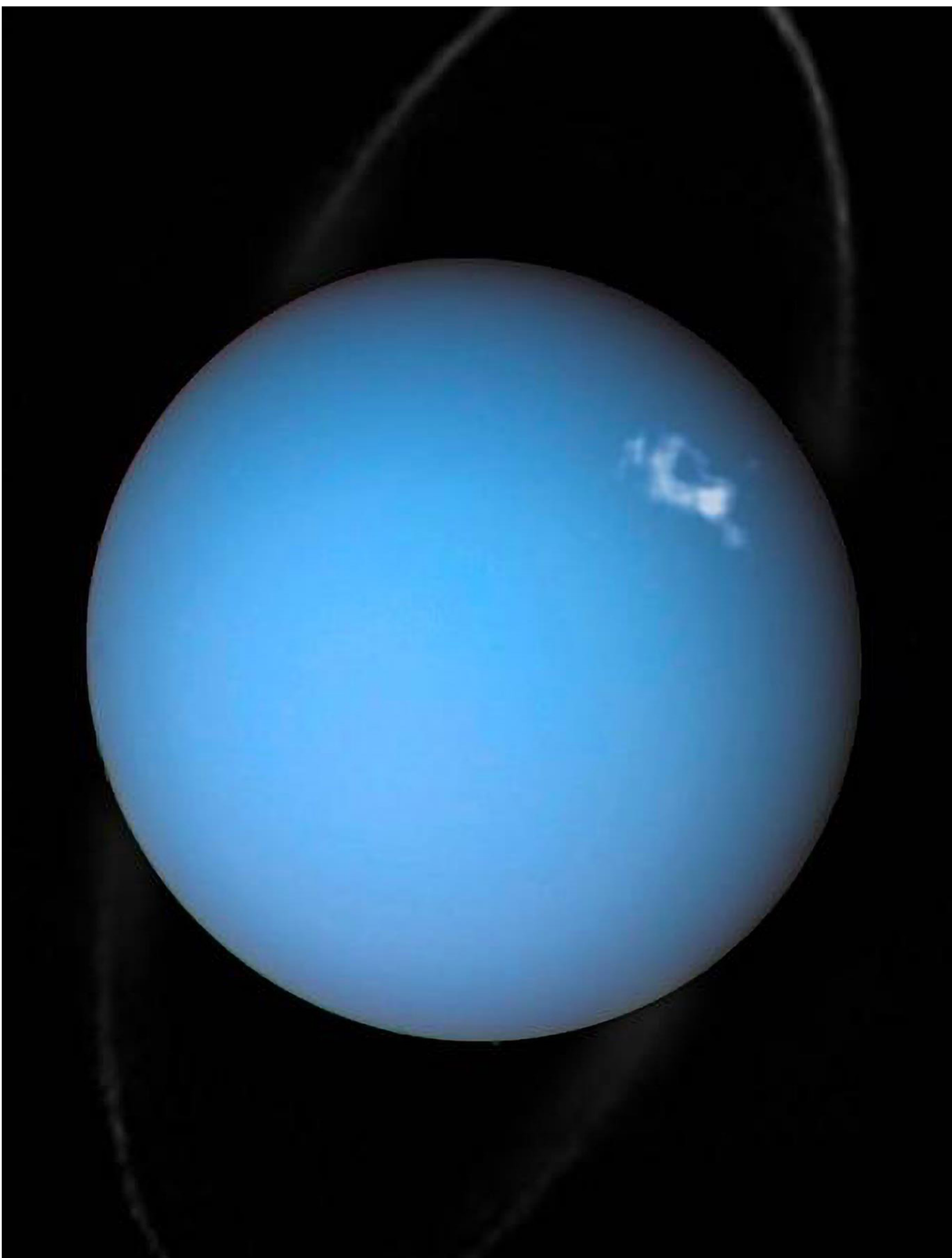
Pierre Simon Laplace (1749-1827) più giovane e con minor esperienza accademica di Boscovich, esercitò comunque su di lui una certa influenza. Pur essendosi approcciato per la prima volta alle comete revisionando l'opera di Achille Pierre Dionis du Séjour *Essai sur les Comètes* (1775) e pur essendo entrato da poco come membro dell'*Académie des Sciences* di Parigi, nel 1776, affrontò Boscovich in un acceso dibattito sul metodo per calcolare l'orbita delle comete. Nel dibattito criticò aspramente il metodo geometrico che il ragusano era solito utilizzare, sostenendo che l'analisi infinitesimale fosse l'unico modo corretto di procedere nello studio della meccanica celeste.



COMETA O PIANETA?



Urano fu il primo pianeta ad essere scoperto in tempi moderni. Era già stato osservato in molte occasioni, ma era stato sempre scambiato per una stella in quanto, a causa della grande distanza dalla terra, il suo moto non era stato riconosciuto. Solo il 13 marzo 1781 l'astronomo tedesco William Herschel (1738-1822), mentre scrutava il cielo con un telescopio riflettore di sua invenzione, notò, come annotò nel suo diario: “una curiosa stella nebulosa o forse una cometa”. Inizialmente, dunque, non lo identificò come pianeta, sembrandogli più plausibile l'ipotesi che il corpo osservato fosse una cometa. Presentò quindi alla *Royal Society* un resoconto delle sue scoperte intitolato *Account of a comet* (Philosophical Transactions 1781).



Dopo la diffusione della notizia molti studiosi in tutta Europa si misero ad osservare il corpo celeste per scoprirne la natura e studiarne le proprietà.

Secondo l'astronomo Charles Messier (1730-1817) il corpo osservato non poteva essere una cometa, perché non possedeva né chioma, né coda. Nel 1782 Lalande pubblicò le sue riflessioni sul corpo celeste, ora già riconosciuto come un pianeta (*Mémoire sur la planète de Herschel*, in *Histoire de l'Académie Royale des Sciences*).

Nuovi rapporti di Boscovich con gli astronomi di Brera

Boscovich, che all'epoca era in Francia come direttore del Dipartimento di Ottica della Marina, fu tra i primi a comprendere la reale natura planetaria del corpo celeste e a calcolarne l'orbita. Inizialmente pensò di applicare la sua vecchia teoria sulla traiettoria delle comete, ma in seguito introdusse vari cambiamenti al suo metodo.

Il testo, originariamente scritto in latino, fu tradotto in italiano e col titolo *Sulla teoria del nuovo astro osservato prima in Inghilterra* fu pubblicato sulle *Memorie di Matematica e Fisica della Società Italiana*. (Tomo I, 1782).

Pur non essendo più aggregato all'osservatorio di Brera, tra luglio e settembre del 1781, inviò agli astronomi milanesi un resoconto dettagliato contenente oltre ai suoi calcoli, quelli di Messier, Lalande, Maskelyne.

La corrispondenza scientifica di Boscovich con i colleghi ed ex-confratelli braidensi, sul problema della traiettoria del “nuovo astro”, consente di ricostruire gli sviluppi del modello teorico boscovichiano e di comprenderne il valore, a prescindere dalle circostanze per cui esso venne formulato.

Dallo studio di tale corrispondenza, è possibile esaminare anche i rapporti di Boscovich con gli astronomi francesi e chiarire il suo ruolo come principale anello di comunicazione fra Brera e Parigi, insieme al suo tentativo di influenzare dalla Francia la direzione delle ricerche in corso a Brera.

Osservazioni di M. Messier

1781	Jours vrai	Altaz: vrai	Déclin: B.
Avril 16	9... 8... 45	84... 57... 31	23... 34... 58
17	7... 58... 35	84... 57... 39	23... 35... 0
18	7... 44... 21	84... 56... 22	23... 35... 0
19	8... 7... 26	84... 58... 50	23... 35... 6
20	7... 38... 38	85... 1... 26	23... 35... 7
21	8... 13... 28	85... 4... 20	23... 35... 9
22	8... 42... 8	85... 6... 43	23... 35... 18
23	8... 22... 33	85... 9... 48	23... 35... 26
24	7... 47... 9	85... 12... 13	23... 35... 30

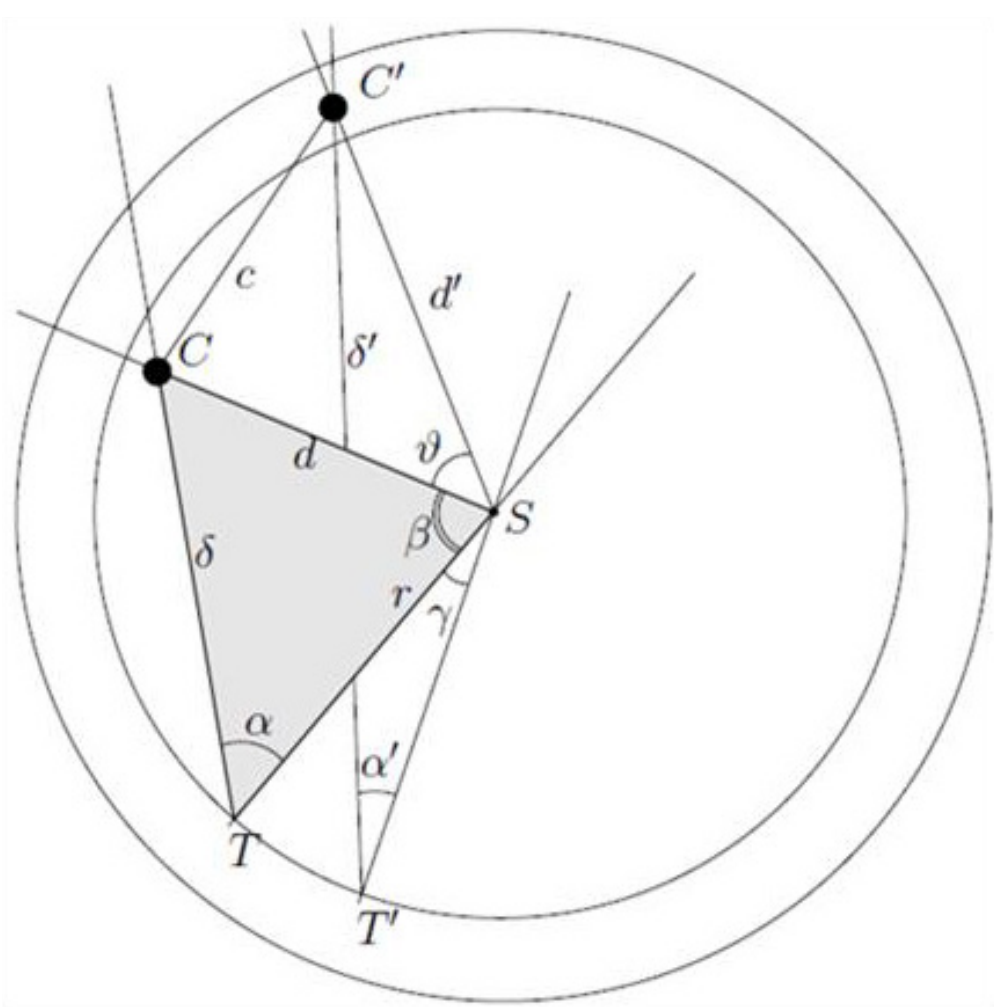
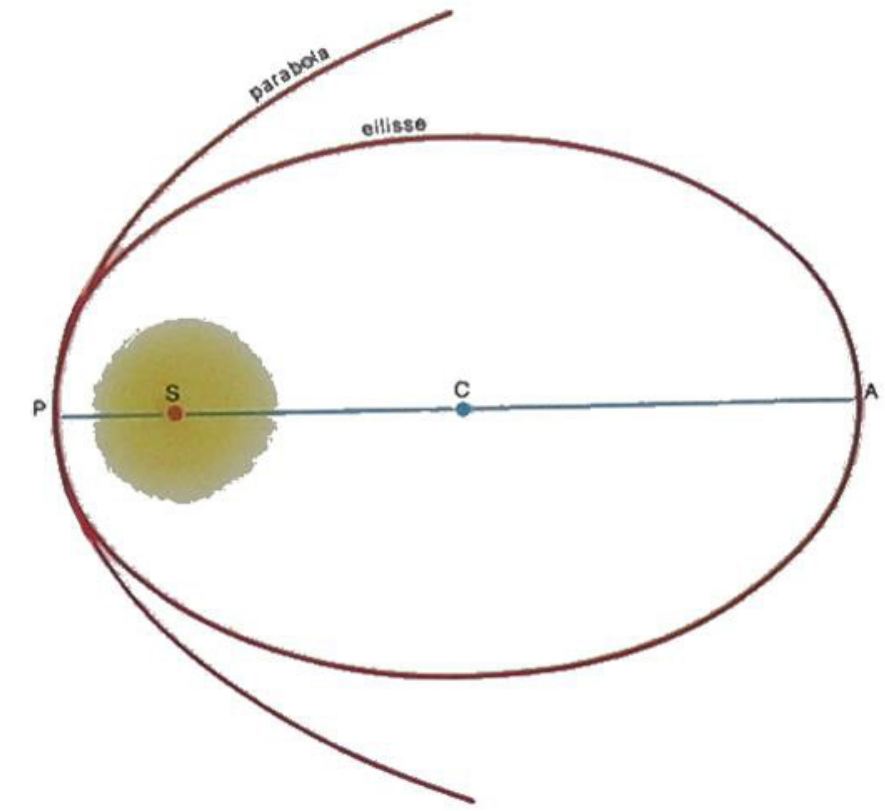
Autre méthode va l'op. de Lalande			
	T. vrai	Altaz: vrai	Déclin: B.
1781	10... 10	85... 15... 16	23... 36... 20
May 1	9... 6	85... 35... 6	23... 36... 26
7	8... 35	85... 32... 38	23... 36... 38
13	7... 50	86... 24... 11	23... 37... 33

LA TEORIA DELLE COMETE NEL SETTECENTO

Gli astronomi del Settecento hanno affrontato principalmente due problemi: la determinazione dell'orbita di una cometa date tre osservazioni e la deviazione di Giove e Saturno dalle orbite ellittiche teoriche previste dalle leggi di Keplero, ai quali si aggiunse, nel 1781, la determinazione dell'orbita di quella che sembrava essere una nuova cometa e si rivelò invece il settimo pianeta del sistema solare, Urano.

Determinazione dell'orbita di una cometa date tre osservazioni

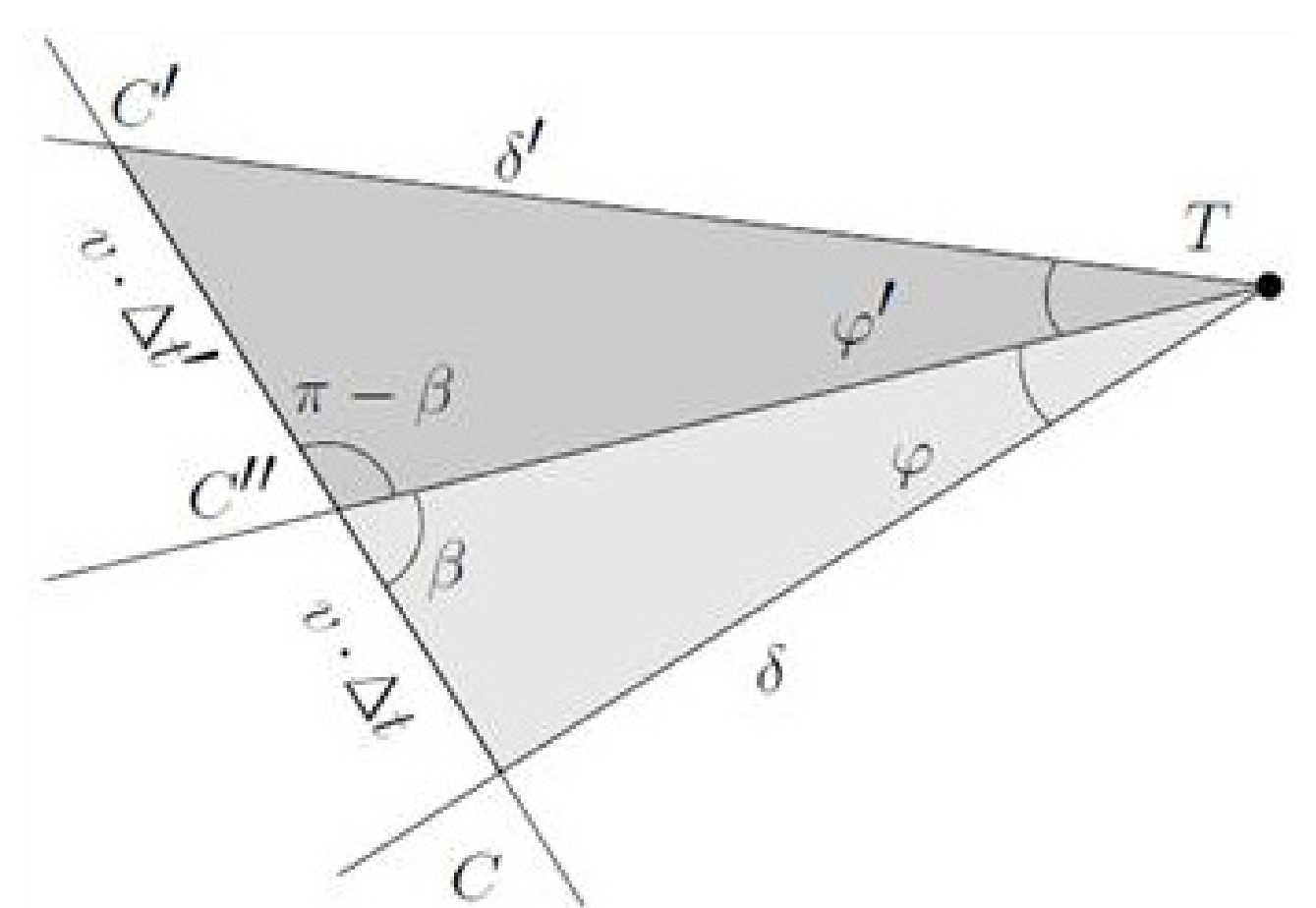
Tutti i corpi celesti del sistema solare, comete comprese, descrivono, nel loro moto di rotazione attorno al sole, una sezione conica avente il Sole in uno dei fuochi. Una cometa è visibile dalla terra solo quando entra nel sistema solare interno ma la strumentazione del diciottesimo secolo permetteva l'osservazione solo quando il corpo celeste era abbastanza vicino al suo perielio ovvero nella parte di orbita più vicina al sole. In quella posizione l'orbita della cometa può essere considerata, con buona approssimazione, una parabola; questo facilita il calcolo della sua traiettoria.



Consideriamo tre osservazioni di una cometa, fatte in tre momenti diversi $t < t'' < t'$. Con sole considerazioni di tipo geometrico, viene fatta la proiezione sul piano eclittico delle misure ottenute ottenendo la figura accanto. Sono note la distanza Terra - Sole, r in figura, le longitudini α e α' della cometa e si ipotizza di conoscere le distanze δ e δ' della cometa dalla terra nella prima e nella terza osservazione. In questo modo è possibile risolvere i triangoli TSC e T'SC' e, utilizzando nozioni di base di trigonometria, esprimere tutte le grandezze in gioco in funzione di due soli parametri: δ e δ' . Nel prossimo passaggio, Boscovich cerca una relazione che permetta di esprimere δ' in funzione di δ che prende il nome di *distanza ridotta*.

I matematici pre-boscovichiani consideravano che la cometa si muovesse di moto rettilineo uniforme sull'orbita a patto che il tratto di orbita considerato fosse sufficientemente piccolo. Boscovich invece introduce una novità sostituendo al moto uniforme sull'orbita il moto uniforme sulla corda $CC''C'$ (questo permette di considerare osservazioni fatte ad intervalli di tempo maggiori). Essendo noti gli angoli φ e φ' , applicando il teorema dei seni ai triangoli CTC'' e C''TC' Boscovich trova la relazione cercata $\delta' = f(\delta)$.

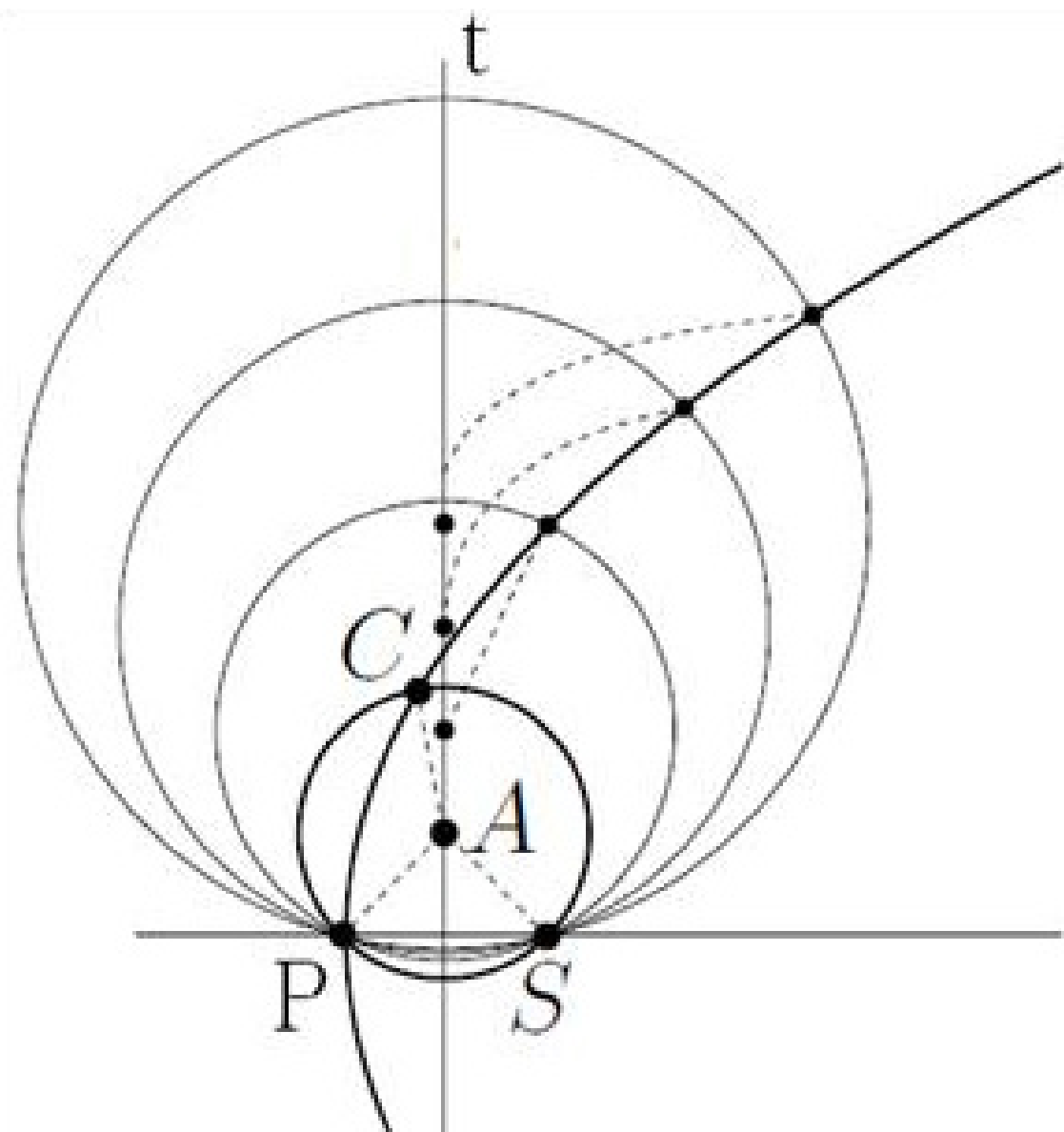
L'equazione che si ottiene non è di facile risoluzione e Boscovich usa tecniche ormai superate, anche se l'impianto risolutivo è corretto. Un astronomo tedesco H.W. Olbers, partendo dagli stessi assunti, ma utilizzando una matematica più evoluta, risolverà di lì a poco e in modo più efficace il problema.



Il contributo di Boscovich in sintesi :

- Supera l'idea di Newton di moto uniforme sull'orbita sostituendola con la corda;
- Introduce un nuovo metodo di correzione della longitudine della seconda osservazione;
- Riesce a ridurre il problema alla risoluzione di un'equazione con la distanza ridotta come unica variabile;
- Purtroppo utilizza un'analisi matematica non evoluta per risolvere il problema in modo elegante;
- La sua strategia risulta corretta e diventa la base perché altri concludano la risoluzione del problema.

URANO: IL CONTRIBUTO DI BOSCOVICH



È possibile calcolare l'equazione della parabola che descrive in modo approssimato l'orbita della cometa quando è vicina al perielio. Sia **S** la posizione del Sole, che coincide con un fuoco, e sia **P** il perielio, che corrisponde al vertice della parabola. Consideriamo la retta **t**, asse del segmento **SP**. Sia **A** un qualsiasi punto di **t** e sia **C** il punto di intersezione della circonferenza di centro **A** e passante per **P** ed **S** con la parabola. Newton ha dimostrato che se **A** si muove di moto rettilineo uniforme lungo **t**, allora il punto **C** rappresenta il moto della cometa sulla sua orbita.

L'orbita della nuova cometa: la scoperta di Urano

Il 13 marzo 1781 l'astronomo tedesco William Herschel scopre un nuovo corpo celeste. In un primo momento si suppone che sia una cometa sconosciuta. Non avendo il sospetto che fosse un pianeta, gli astronomi si misero all'opera per determinarne l'orbita utilizzando i metodi conosciuti.

Boscovich si mette alla prova cercando di eseguire i calcoli. Da questo lavoro uscirà un saggio, integrato nell'*Opera pertinentia ad opticam et astronomiam*, intitolato *Sur la nouvelle Planète* (1785).

La questione si presentava complessa, infatti le osservazioni fatte da Herschel in Inghilterra avevano latitudini e longitudini piuttosto piccole che potevano dar luogo a grandi errori nel risultato finale. Boscovich insospettito dai primi risultati, esegue i calcoli su varie terne di osservazioni, con intervalli di tempo tra le rilevazioni crescenti, ottenendo risultati via via più credibili (oggi sappiamo che erano abbastanza vicini al vero).

Durante questo studio, Boscovich tenta un passo ulteriore cercando un procedimento che non fissasse a priori il tipo di orbita. Boscovich adatta il noto problema delle quattro rette di Newton per determinare le distanze ridotte senza dover presupporre nulla sul tipo di orbita. Riutilizzando un criterio elaborato nel 1749 e presentato nel *De determinanda orbita planetae ope catoptricae ex datis vi celeritate, & directione motus in dato puncto*, conclude che l'orbita descritta dal nuovo corpo celeste è ellittica e che deve trattarsi di un pianeta.



Il contributo di Boscovich in sintesi:

- Intuisce di dover cambiare paradigma e utilizza osservazioni distanti nel tempo;
- I primi risultati ottenuti sono compatibili con un'orbita circolare e cerca di definire un procedimento per orbite circolari;
- Accarezza l'idea di un procedimento indipendente dal tipo di orbita;
- Adatta la soluzione del problema delle quattro rette di Newton e un criterio da lui pensato nel 1749 che non necessita dell'ipotesi sul tipo di orbita;
- Il criterio gli permette di determinare il tipo di orbita e di capire che il nuovo corpo celeste è un pianeta.