

Galileo e una nuova visione del Cosmo*

Fabrizio Bònoli

Alma Mater Studiorum · Università di Bologna

SIAMO a Venezia, il 13 marzo 1610, l'ambasciatore inglese Henry Wotton scrive a Sir Robert Cecil, segretario di re Giacomo I:

Con la presente invio a sua Maestà il più strano campionario di notizie che Ella abbia mai ricevuto sinora, cioè il libro qui accluso (appena stampato) del professore di Matematica a Padova che, con l'aiuto di uno strumento ottico, ha fatto nuove scoperte sulla Luna, intorno a Giove, nella Via Lattea e di numerose sconosciute stelle [...] l'autore rischia di divenire o eccezionalmente famoso o eccezionalmente ridicolo.¹

Il libro «accluso» è il *Sidereus Nuncius*, stampato in 550 copie il 13 marzo 1610 ed esaurito in una settimana: oggi lo definiremmo un vero e proprio *best seller*.

Ma di quale nuovo «strumento ottico» scriveva l'ambasciatore inglese? Lo leggiamo nelle prime pagine del libro:

Circa dieci mesi fa ci giunse notizia che era stato costruito da un certo Fiammingo un occhiale [*perspicillum*], per mezzo del quale gli oggetti distanti si vedevan distintamente come fossero vicini [...] e mi volsi tutto alla costruzione di un simile strumento. Applicai due lenti alle estremità di un tubo di piombo e vidi gli oggetti molto più vicino di quanto non si vedano a occhio nudo.²

* N.d.R.: Questo articolo è tratto dalla relazione presentata dall'autore alla «Giornata della Ricerca Italiana nel Mondo 2023», tenutasi il 25 aprile presso l'Istituto di Fisica dell'Università di Berna.

¹ È interessante leggere tutto il testo completo: *I send herewith unto his Majesty the strangest piece of news (as I may justly call it) that he hath ever yet received from any part of the world; which is the annexed book (come abroad this very day) of the Mathematical Professor at Padua, who by the help of an optical instrument (which both enlargeth and approximate the object) invented first in Flanders, and bettered by himself, hath discovered four new planets rolling about the sphere of Jupiter, besides many other unknown fixed stars; likewise, the true cause of the Via Lactea, so long searched; and lastly, that the moon is not spherical, but endued with many prominences, and, which is of all the strangest, illuminated with the solar light by reflection from the body of the earth, as he seemeth to say. So as upon the whole subject he hath first overthrow all former astronomy – for we must have a new sphere to save the appearances – and next all astrology. For the virtue of these new planets must needs vary the judicial part, and why may there not yet be more? These things I have been bold thus to discourse unto your Lordship, whereof here all comers are full and the author runneth a fortune to be either exceeding famous or exceeding ridiculous. By the next ship your Lordship shall receive from me one of the above-named instruments, as it is bettered by this man. Now to descend from those superior novelties to these below, which do more trouble the wise men of this place.* (L.P. SMITH, *The Life and Letters of Sir Henry Wotton*, Oxford, Oxford University Press, 1907, pp. 486-487)

² I brani in latino nel *Sidereus Nuncius* qui citati sono mia traduzione o tratti dall'edizione a cura di A. Battistini e con la traduzione di M. Timpanaro Cardini (Marsilio, 1993); per esigenze discorsive e di spazio, qui sono stati talora ridotti o semplificati e spero che i lettori non me ne vogliano; in caso contrario, suggerisco una completa lettura del libro di Galileo (se ne trovano in commercio



FIG. 1. Galileo onora l'Astronomia, la Matematica e l'Ottica presentando loro il suo cannocchiale, mentre addita una rappresentazione del sistema copernicano (simbolicamente assimilato allo stemma dei Medici) con alcune delle sue nuove scoperte. Antiporta commissionata da Leopoldo de' Medici per le Opere di Galileo Galilei *linceo nobile fiorentino*. (In Bologna, per gli HH del Dozza, MDCLVI)

È quindi lo stesso Galileo ad affermare di non essere stato lui a inventare il *perspicillum* (dal latino *perspicere*, osservare, esaminare attentamente), ma di averlo solo migliorato con una serie di accorgimenti: vetri di eccellente qualità selezionati tra i vetrai di Murano, accuratezza di montaggio delle lenti, diaframma interno per ridurre alcune aberrazioni. Infatti, lo strumento – chiamato anche cannone occhiale e solo più tardi cannocchiale e telescopio – circolava già in Europa da alcuni anni, forse dalla fine del Cinquecento, anche se la sua invenzione è ancora discussa e variamente attribuita ad occhialai olandesi – Hans Lippershey, Jacob Metius, Sacharias Jansen o forse altri – se non al napoletano

diverse traduzioni con testo a fronte) che ritengo sia sempre di grande fascino.



FIG. 2. Nell'angolo in basso a sinistra del quadro *Panorama col Castello di Mariemont*, del 1610 circa, Jan Brueghel il Vecchio ha rappresentato l'arciduca Alberto VII di Asburgo mentre osserva con un cannocchiale: si tratta, probabilmente, della più antica raffigurazione di un cannocchiale. (Virginia Museum of Fine Arts, Richmond, USA)

Giovambattista Della Porta. Un dipinto del 1610 di Jan Brueghel il Vecchio, *Panorama col Castello di Mariemont*, mostra tra le mani dell'arciduca Alberto VII di Asburgo quella che è, probabilmente, la più antica raffigurazione di un cannocchiale, a testimonianza della sua diffusione già lo stesso anno dell'uscita del *Sidereus*³ (FIG. 2).

Poi Galileo prosegue spiegando come «Quanti e quali siano i vantaggi di un simile strumento, tanto per le osservazioni di terra che di mare, sarebbe del tutto superfluo dire». E tali vantaggi li aveva ampiamente illustrati il 25 agosto 1609 al Doge e a nobili e studiosi veneziani, ottenendo, fra l'altro, un sostanziale aumento dello stipendio come professore dello Studio di Padova.

Ma da bravo scienziato, è ovviamente interessato a usare il suo *perspicillum* per ben altri scopi, infatti: «lasciate le osservazioni terrestri, mi volsi alle speculazioni del cielo, con incredibile godimento dell'animo». Questa emozione che prova ogni volta che pone l'occhio allo strumento e lo volge al cielo, scoprendo nuove e incredibili meraviglie, percorre tutto lo scritto.

Naturalmente, il primo oggetto celeste che osserva con grande stupore e meraviglia, ma anche con grande attenzione e studio, è la Luna (FIG. 3):

Cominciamo dunque a parlare della faccia lunare che è rivolta al nostro sguardo. La parte più scura appare coperta di macchie che non furono viste da altri prima di noi. [...] E fummo così tratti alla convinzione che la superficie della Luna non è levigata, uniforme ed esattamente sferica, come gran numero di filosofi credette di essa e degli altri corpi celesti, ma al contrario ineguale, scabra e con molte cavità e sporgenze, non diversamente

³ Si veda in questa rivista: P. SELVELLI, P. MOLARO, *Gli antichi cannocchiali nei quadri di Jan Brueghel*, «Giornale di Astronomia», 2009, n. 4, pp. 23-31, e le referenze all'interno.

dalla faccia della Terra, variata da catene di monti e profondità di valli.

Ecco, in tutte le numerose pagine in cui si dilunga nella descrizione del volto della Luna è sempre sottolineata la sua grande somiglianza alla Terra: monti, valli, mari, montagne (di cui misura anche le altezze), variazioni di ombre e luci. Non è infatti casuale la sottolineatura che è del tutto diversa da «come gran numero di filosofi credette». Le teorie aristoteliche fisiche e cosmologiche dell'epoca la ritenevano un corpo incorrotto e incorruttibile, come tutti gli altri corpi celesti, al contrario della Terra, corrotta e corruttibile. E da qui proseguirà poi mostrando come tutte le altre nuove visioni del cielo mal si adattano alle comuni convinzioni.

Viene spontanea una domanda: se è vero che il cannocchiale è in uso già da alcuni anni, se non decenni, è possibile che sia stato Galileo il primo a guardare la Luna con questo strumento? A nessuno – arciduca di Asburgo compreso che lo usava per la caccia – ha mai punto vaghezza di alzarlo verso il cielo?

La risposta è: no. Sappiamo per certo che almeno un altro ha osservato la Luna con il cannocchiale, il matematico e astronomo inglese Thomas Harriot. Ci sono rimasti alcuni suoi disegni della Luna dell'estate del 1609, disegni però che vennero resi noti solo più tardi e che quindi Galileo non poteva conoscere. (FIG. 4) Ma un semplice confronto tra i disegni dell'inglese e dell'italiano, oltre al fatto che il Nostro era molto più abile nel disegno anche per alcuni studi giovanili e per profondi interessi artistici, mostra come il primo non sia stato in grado di fare il salto di comprensione per ciò che vedeva, riuscito al secondo. Questo aspetto è stato spiegato molto bene da un esperto di neuroscienze, Lanfranco Maffei, in riferimento proprio alle osservazioni lunari di Galileo:⁴

Vedere una cosa per la prima volta è qualcosa di molto diverso dal vedere oggetti già più volte osservati. Quando guardiamo oggetti noti, in un ambiente visivo familiare, l'entrata visiva viene confrontata con immagini che derivano da precedenti esperienze visive e che sono conservate nella memoria. In questo caso, vedere è riconoscere. Quando invece ci troviamo di fronte a una nuova

⁴ Per analisi di fisiologia della visione in particolare in riferimento alle osservazioni di Galileo, vedi: L. MAFFEI, *Cervello e occhio di Galileo davanti al telescopio*, in *Galileo e la Astronomia*, a cura di G. G. Bentini, L. Vázquez, Madrid, Ambasciata d'Italia y Universidad Complutense, 1993, pp. 120-130; per approfondire gli aspetti fisiologici della visione: L. MAFFEI, L. MECACCI, *La visione: dalla neurofisiologia alla psicologia*, Milano, Mondadori EST, 1979.

cundantes iam iam splendore fulgentes intuemur: ac veluti terrestrium cauitatum umbrae Sole sublimiora petente immittuntur, ita & Lunares istae maculae, crescente parte luminosa tenebras amittunt.

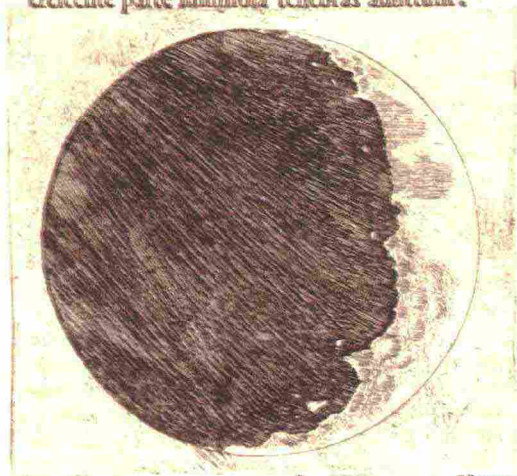


FIG. 3. L'incisione nella prima edizione del *Sidereus Nuncius* (Veni- tiis, Apud Thomam Baglionum. MDCX) è tratta da quello che potrebbe essere il primo disegno delle osservazioni della Luna eseguite con il cannocchiale da Galileo a Padova, probabilmente il 1° dicembre del 1609.

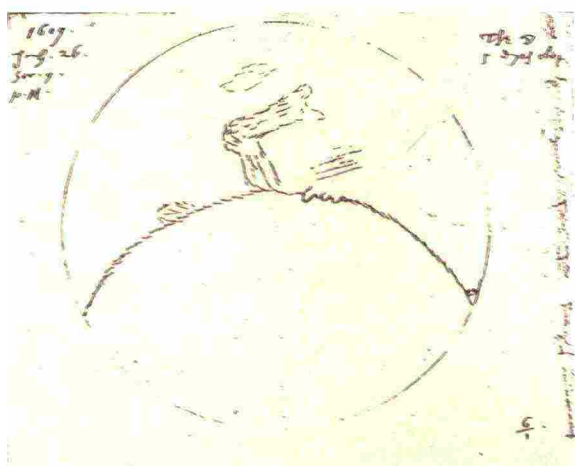


FIG. 4. Uno dei disegni della Luna di Thomas Harriot. La data manoscritta del 26 luglio 1609 è riferita al calendario giuliano in vigore in Inghilterra e va quindi aumentata di 10 giorni per portarla al calendario gregoriano.

immagine, vedere richiede un'interpretazione. [mie le sottolineature]

Si tratta, in poche parole, dello stesso problema di fronte al quale ci troviamo anche noi quando vediamo qualcosa di mai visto prima e che non riusciamo subito a confrontare con alcunché presente nella nostra memoria, ma dobbiamo interpretarlo: ci può aiutare come esempio l'immagine in FIG. 5, che rappresenta una delle numerose *figure ambigue* che richiedono appunto un'attenta interpretazione.

La grandezza di Galileo, in questo caso rispetto ad Harriot, consiste proprio nel fatto che, di fronte a immagini mai viste prima – fra l'altro, immagini



FIG. 5. *My Wife and My Mother-in-Law*. L'immagine è opera del disegnatore statunitense William Ely Hill e fu pubblicata sulla rivista umoristica «Puck» il 6 novembre 1915, con la didascalia: «They are both in this picture – Find them».

dinamicamente in evoluzione con mutazione di luci ed ombre – erano entrambi costretti a “interpretarle”. E Galileo ha capito cosa stava vedendo e lo ha interpretato correttamente, fra l'altro in senso contrario, come abbiamo detto, a quanto ci si sarebbe dovuto aspettare secondo il corrente “principio di autorità” degli antichi.

Poi si volge a osservare le stelle:

Le stelle fisse con il cannocchiale si vedon come fulgòri vibranti e molto scintillanti e ingrandite. Ma, oltre le stelle più deboli, si vedrà col cannocchiale un così numeroso gregge di altre, invisibili alla vista naturale, che è appena credibile.

«Appena credibile» perché il cosmo aristotelico finiva con la sfera chiusa delle stelle fisse. Galileo intuisce che le diverse luminosità del «gregge» di stelle potessero essere un indicatore delle loro diverse dimensioni e quindi diverse distanze, mettendo appunto in discussione la fissità delle stelle sull'infrangibile ottava sfera... ne riparleremo.

Riporta quindi i disegni di un paio di gruppi di stelle, la cintura e la spada di Orione e le Pleiadi, «per dare una o due prove della loro quasi inimmaginabile frequenza», e poi prosegue:

Quello che in terzo luogo osservammo è l'essenza della Via Lattea, che non è altro che una congerie di innumerevoli stelle. E così, tutte le dispute che per tanti secoli tormentarono i filosofi si dissipano con la certezza che è



FIG. 6. Adam Elsheimer, *Fuga in Egitto*, 1609-1610. (Monaco, Alte Pinakothek)

data dagli occhi, e noi siamo liberati da verbose discussioni. [mie le sottolineature]

Nuovamente, le sue osservazioni della Via Lattea, composta da «una congerie di innumerabili stelle», chiudono «le dispute che hanno tormentato i filosofi», i quali da secoli hanno cercato di spiegare cos'era quella nuvola luminosa in cielo, e soprattutto, con quella «certezza che è data dagli occhi», si apre la strada verso quello che sarà «il metodo galileiano»: le «sensate esperienze» – prodotte appunto dai sensi, qui la vista – e le «necessarie dimostrazioni».

Interessante ricordare che, secondo alcuni critici, il pittore tedesco Adam Elsheimer, che l'anno precedente all'uscita del *Sidereus* aveva realizzato un piccolo dipinto con la presenza della Via Lattea, *Fuga in Egitto*, avrebbe poi aggiunto tante piccole stelle alla Via Lattea dopo aver avuto conoscenza delle osservazioni di Galileo, trovandosi nel 1610 l'artista a Roma.⁵ (FIG. 6)

Le osservazioni proseguono: «meraviglia ancor più grande, gli astri chiamati finora dagli astronomi 'Nebulose' sono greggi di piccole stelle disseminate in modo mirabile», e aggiunge i disegni della nebulosa «chiamata Testa di Orione, nella quale abbiamo

contato ventuno stelle» e del «Presepe che è una congerie di quaranta stelline».

Ma ecco infine la sensazionale scoperta, quella che lo ha spinto ad affrettare la pubblicazione del libro, fino a farne quasi un *instant book*, per non correre il rischio di essere preceduto da altri:

Ecco quello che ci sembra l'argomento più importante di questo trattato e cioè rivelare e divulgare le notizie intorno a quattro Pianeti non mai dal principio del mondo fino ad oggi veduti. [...] Pertanto, il giorno sette gennaio dell'anno 1610, a un'ora di notte, mentre col cannocchiale osservavo gli astri, mi si presentò Giove e vidi che intorno gli stavano tre stelle piccole ma luminosissime, che apparivano disposte esattamente secondo una linea retta e più splendenti delle altre.

Osserva le tre piccole stelle o Pianeti nelle notti seguenti e ne descrive puntualmente le osservazioni, cercando addirittura di misurarne (e con buona approssimazione) i periodi di rivoluzione attorno a Giove.

Queste sono le osservazioni sui quattro Astri Medicei per la prima volta da me scoperti [...] a nessuno può nascer dubbio che compiano attorno a Giove le loro rivoluzioni. [...] Ora non abbiamo un solo pianeta [la Luna] che gira intorno a un altro [la Terra], ma la sensata esperienza ci mostra quattro stelle erranti attorno a Giove, così come la Luna gira attorno alla Terra, mentre tutte insieme con Giove si volgono in ampia orbita attorno al Sole.

⁵ A. OTTANI CAVINA, *Come si cambia il cielo: Elsheimer e Galileo*, in *Terre senz'ombra: l'Italia dipinta*, Milano, Adelphi, 2015, pp. 45-72.

«Attorno al Sole»? Una frase che sembra quasi buttata lì, ma che in realtà è come un macigno, un grosso macigno, gettato in uno stagno: è una esplicita dichiarazione di aderenza al sistema eliocentrico copernicano, certificata anche questa dall'esperienza del senso della vista. Ma allora, se il *Sidereus Nuncius* è così chiaramente copernicano, perché pochi mesi dopo lo scienziato viene accolto a Roma con tutti gli onori dal Papa e dalla corte pontificia? Parleremo anche di questo.

Poco oltre Galileo termina il suo scritto e conclude:

Ulterius progredi temporis angustia inhihet; plura de his brevi candidus Lector expectet.

[Di procedere oltre m'impedisce l'angustia del tempo: il benigno Lettore aspetti fra breve una più ampia trattazione su questi argomenti.]

Il libro finisce, ma la storia non finisce qui e non finiscono le osservazioni di Galileo. Nello stesso 1610 identifica delle macchie sul Sole e i loro spostamenti mostrano come anche il Sole ruoti intorno al proprio asse, come la Terra "copernicana". Poi osserva due piccole "stelle" intorno a Saturno, il che gli fa credere che anche Saturno abbia dei satelliti come Giove: non poteva sapere che si trattava delle due regioni esterne degli sconosciuti anelli del pianeta visti quasi di faccia, ma che le capacità del suo cannocchiale non gli permettevano di osservare. Quest'immagine di «Saturno tricorporeo» rimane evidentemente nell'immaginario, tant'è che qualche decennio più tardi Rubens le raffigurerà simbolicamente nel grande dipinto *El dios Saturno* sopra il capo del dio che divora i suoi figli (FIG. 7). Ma sono due le osservazioni che confermeranno ancora l'incongruenza dell'antico sistema aristotelico-tolomaico.

Come accennato prima, Galileo era convinto che le differenti luminosità delle stelle fossero un indicatore della loro differente distanza e cerca quindi di misurarne i diametri. Il sistema ottico del *perspicillum* – obiettivo convergente e oculare divergente – non consentiva di utilizzare al suo interno un filo micrometrico per eseguire accurate misurazioni, come avverrà nel sistema con entrambe le lenti convergenti, proposto da Keplero ma realizzato in pratica solo alcuni decenni più tardi. Così come per misurare gli spostamenti dei satelliti di Giove Galileo aveva posto davanti all'obiettivo un *graticulum*, cioè una sorta di reticolo, adesso vi pone un sottile filo, traguardando il quale misura i diametri delle stelle... anzi, crede di misurare, perché non poteva essere all'epoca al corrente dell'influenza delle perturbazioni provocate dall'atmosfera sull'immagine stellare puntiforme. Si tratta di quel fenomeno – chiamato col termine inglese *seeing* – che ha fatto disperare gli astronomi per secoli, allargando il fascio di luce puntiforme delle stelle in modo oltretutto variabile con le variazioni atmosferiche. Un problema che si è iniziato a risolvere installando telescopi a quote alte e con poca turbolenza, poi



FIG. 7. *El dios Saturno* di P. P. Rubens, 1636-38. (Madrid, Museo del Prado)

con l'uso dei CCD e infine con le ottiche attive e adattive, oltre all'ovvio invio di strumenti al di fuori dell'atmosfera. Il primo a segnalare la presenza di questo disturbo pare sia stato proprio un discepolo di Galileo, Evangelista Torricelli, verso la metà del Seicento:

Quanto al resto benché i vetri [le lenti] siano perfettissimi, rarissimamente possono mostrare la loro bontà a causa della tempèrie dell'aria. Infatti nell'aria c'è o una certa nebbia o caligine, o tenuissimo fumo, le cui particelle – non diversamente dalle altre cose oblique – sono ingrandite e rese visibili dal telescopio. Inoltre l'aria spessissimo tremola, ed in un certo modo scintilla, (credo in effetti a causa di vapori ascendenti) non solo d'estate e sotto il sole ardente, ma anche d'inverno, e spesso quando soffia Borea [vento del Nord], e persino di notte, ciò che sarà evidente a chi contempla la Luna. Allora infatti il suo bordo tremola, e le macchie più minute si distin-

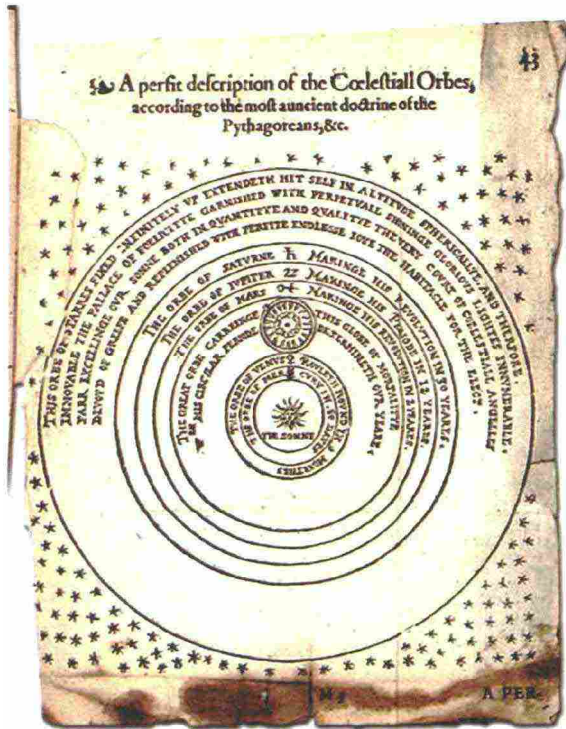


Fig. 8. Le stelle riempiono la pagina del libro di Thomas Digges del 1576 *A Prognostication Everlasting of Right Good Effect*.

guono malamente: con quelle condizioni di tempo inoltre si scorge peggio la figura di Saturno.⁶

Sta di fatto che Galileo è sicuro di avere mostrato in questo modo che il loro diametro apparente è molto inferiore a quello stimato a occhio nudo: allora le stelle sono molto più lontane del previsto! Ma quanto lontane? Questo, come dicevamo, frantumava l'ottava sfera, quella su cui ruotavano in 24 ore le stelle fisse. Una sfera che neanche Copernico aveva osato "infrangere": il classico disegno del sistema copernicano presente nel *De revolutionibus*, infatti, la mostra ancora presente e, a scanso di equivoci, il polacco vi scrive sopra «*stellarum fixarum sphaera immobilis*», quello che oggi chiameremmo "un universo chiuso e finito". Il primo a riempire di stelle la pagina del libro con la figura del sistema copernicano (Fig. 8) è l'inglese Thomas Digges che, nella pubblicazione, a Londra nel 1576, dell'almanacco perpetuo del padre, *A Prognostication Everlasting of Right Good Effect*, aggiunge un'appendice dal titolo *A Perfit*

⁶ Lettera di EVANGELISTA TORRICELLI a Raffaello Magiotti, 4 dicembre 1643. In *Opere di Evangelista Torricelli*, a cura di G. Loria e G. Vassura, Faenza 1919, vol. 3, pp. 150-156: «*Caeterum quamquam vitra perfectissima sint, perraro bonitatem suam ostendere possunt ob aeris temperiem. Vel enim nebula quaedam sive caligo, sive fumus tenuissimus in aere est, quorum rerum atomos non secus ac reliquia obliqua auget, et visibilia reddit telescopium. Praeterea aer saepissimè tremit, et quodammodo scintillat, (credo equidem ob vapores ascendentes) non tantum aestate, et sub ardente sole, sed et hyeme etiam, et saepe flante Borea, imò et de nocte quod lunam contemplanti patebit. Tunc enim ambitus ejus tremit, maculaeque miniores malignè cernuntur: Malignius autem tunc temporis figura Saturni conspicitur.*»

Description of the Caelestiall Orbes according to the most aunciente doctrine of the Pythagoreans, latelie revived by Copernicus and by Geometricall Demonstrations. Qui, intorno a quella figura del nuovo Sistema del Mondo, si legge, in un inglese cinquecentesco:

This orbe of starres fixed infinitely up extendeth hit self in altitude sphericallye, and therefore / immovable the pallace of foelicitye garnished with perpetuall shining glorious lightes innumerable / farr excellenge our sonne both in quantyite and qualitye the very court of coelestiall angells / delvoyd of greefe and replenished with perfite endlesse yoye the habitacle for the elect.

Un universo, quindi, "aperto e infinito", dove le stelle ora si trovano in un «orbe che si estende infinitamente verso l'alto», quasi a realizzare gli "infiniti mondi" che erano stati di Nicolò Cusano nel *De docta ignorantia* del 1440 e che saranno poi di Giordano Bruno nella *Cena delle Ceneri* e nel *De l'infinito universo et Mondi*, entrambi del 1584 (e che, fra le altre cose, lo accompagneranno al rogo):⁷

Uno dunque è il cielo [...] Ivi innumeri stelle, astri, globi, soli e terre sensibilmente si veggono, tanto che non son sfere, non sono gli orbi deferenti [...] Sono dunque soli innumerevoli e terre infinite, che similmente circuiscono quei soli, come veggiamo questi sette circuire questo sole a noi vicino.

È proprio qui il problema: se rompiamo la sfera delle stelle fisse e attribuiamo quindi l'apparente moto di rotazione della volta celeste alla Terra, non c'è più bisogno della nona sfera, il *primum mobile*, il cui compito era di trasmettere il moto all'ottava sfera e a tutte quelle sottostanti; motore che, secondo Aristotele era governato da una intelligenza esterna, eterna e immateriale e che con Alberto Magno e Tommaso d'Aquino diventerà il Padre Eterno. Reso inutile il motore immobile, la domanda è: che fine fa quell'Intelligenza che fa muovere tutto? Dove finisce «l'Amor che move il cielo e l'altre stelle», non a caso posto da Dante al di sopra del "tutto" a chiusura della *Commedia*?

Alcune frasi tratte da *La vita di Galileo* (1938-1939) di Bertholt Brecht ben illustrano il tema, pur nei suoi aspetti simbolici sottolineati dallo stesso autore nelle note pubblicate postume in alcune edizioni:⁸

SAGREDO – Davvero non ti rendi conto dei guai in cui ti cacci se ti metti a gridare sulle pubbliche piazze che la Terra è una stella e non il centro del creato? Meno di dieci anni fa, a Roma, un uomo sali sul rogo. Si chiamava Giordano Bruno e aveva affermato esattamente la stessa cosa.

⁷ Si vedano: M. A. GRANADA, Bruno, Digges, Palíngenio: omogeneità ed eterogeneità nella concezione dell'universo infinito. «*Rivista di Storia della Filosofia*», 1992, 1, pp. 47-73; A. MARTINI, A. MASANI, A proposito di due recenti articoli apparsi sul *Giornale*, «*Giornale di Astronomia*», 2, 2005, pp. 10-11, ultimo di una serie di articoli comparsi in questa rivista sull'argomento (vedi le referenze all'interno).

⁸ Vedi p.e. la traduzione di E. Castellani, Einaudi 1970.

GALILEO – Certo. Ma noi ora lo vediamo. Oggi, 10 gennaio 1610, l'umanità scrive nel suo diario: *abolito il cielo!*
 SAGREDO – Dov'è Dio, allora? Dio! Dov'è Dio?
 GALILEO – Lassù *no!* In noi, o in nessun luogo!
 SAGREDO – Come ha detto il condannato al rogo? Ma proprio per questa ragione l'hanno bruciato! Neanche dieci anni fa!
 GALILEO – Perché non è riuscito a darne le prove! Perché lo ha solo affermato!

Ma questo è un discorso che ci porterebbe molto lontano e allora passiamo alla seconda delle osservazioni cruciali del Pisano, quella delle fasi di Venere. Si sapeva sin dai modelli planetari greci che il pianeta, posto tra noi e il Sole, doveva presentare delle fasi (come anche Mercurio), impossibili tuttavia a vedere a occhio nudo. Galileo non solo le osserva, ma vede che Venere presenta un ciclo completo di fasi proprio come la Luna, compresa la cosiddetta "fase gibbosa", che nel modello epicyclo-deferente di Tolomeo non era assolutamente possibile, dovendosi limitare a mostrare una sottile falce illuminata alle massime elongazioni. Allora questa è proprio una "sensata esperienza" che fornisce una "necessaria dimostrazione" alla impossibilità di accettare per vero il modello geostatico tolemaico.

Allora la questione è risolta? *Copernicus triumphans?*

Povero Galileo, è proprio vero che il diavolo si nasconde nei dettagli e in questo caso il non piccolo dettaglio è che Venere può mostrare il tipo di fasi osservate anche mantenendo la Terra immobile al centro con la Luna e il Sole che le girano intorno, ma con Venere e gli altri pianeti che girano intorno al Sole. Questo era proprio il sistema che aveva proposto nel 1588 il grande astronomo danese Tycho Brahe nel suo *De mundi aetherei recentioribus phaenomenis*. Sconfitto Tolomeo, ma non gradito Copernico, il nuovo sistema geostatico di Tycho sarà di fatto quello ad essere accettato nel corso di tutto il Seicento, in particolare dopo alcuni decisivi aggiustamenti sviluppati dal ferrarese Giovanni Battista Riccioli, della Compagnia di Gesù di Bologna, nella sua opera del 1651, intitolato non a caso (e non modestamente) *Almagestum Novum*. L'incisione nell'antiporta di questo libro, opera del bolognese Francesco Curti, è una vera e propria complessa allegoria del sapere astronomico e un'illustrazione simbolica dei temi di cui stiamo parlando (FIG. 9). I putti in alto reggono immagini dei pianeti come apparivano al telescopio; sulla sinistra Argo, dai cento occhi, guarda il cielo con un cannocchiale poggiato sull'occhio posto nel ginocchio a significare che l'uomo di scienza deve sempre mantenere un atteggiamento di genuflessione a Dio. A destra la dea della giustizia, Astrea, con in mano una sfera armillare, soppesa due Sistemi del Mondo: quello di Copernico e quello di Tycho-Riccioli. E naturalmente è quest'ultimo a pesare di più. In basso, il povero Tolomeo giace sconfitto vicino al suo sistema abbandonato a terra, esclamando «*Erigor dum Corrigor*», qualcosa del genere "mi sollevo mentre sono corretto", cioè



FIG. 9. Antiporta dell'*Almagestum Novum astronomiam veterem novamque complectens* di G. B. Riccioli (Bononiae, ex typ. Haer. Vic. Benatij, 1651). L'incisione è opera del bolognese Francesco Curti, probabile allievo del Guercino (vedi il testo per la spiegazione di alcune allegorie).

il Cosmo geostatico prevale ancora, anche se non più tolemaico.

Torniamo alla nostra storia, per ricordare che, nello stesso anno in cui Galileo inizia le sue osservazioni telescopiche, 1609, un altro grande astronomo, Johann Kepler, allievo e collaboratore di Tycho ma anch'egli copernicano convinto, pubblica un'opera anch'essa rivoluzionaria: *Astronomia nova seu physica coelestis... de motibus Stellae Martis*. Qui, utilizzando i dati raccolti da Tycho in sedici anni di osservazione di Marte, 1580-1596, e cercando di trovare a quale tipo di orbita teorica meglio si adattassero, dopo un decennio di duri calcoli l'astronomo finisce per trovare due relazioni:

- I. l'orbita di ogni pianeta è un'ellisse con il Sole in uno dei due fuochi;
- II. nel suo moto di rivoluzione intorno al Sole, un pianeta percorre aree uguali in tempi uguali.

Passano altri dieci anni di altrettanto complicati calcoli per cercare un'impronta dell'armonia impressa da Dio nella costruzione del Cosmo e finalmente, nell'*Harmonices Mundi* del 1619, trova una terza relazione:

- III. distanze e periodi di rivoluzione dei pianeti intorno al Sole sono in relazione *sesquialtera*, cioè il rapporto

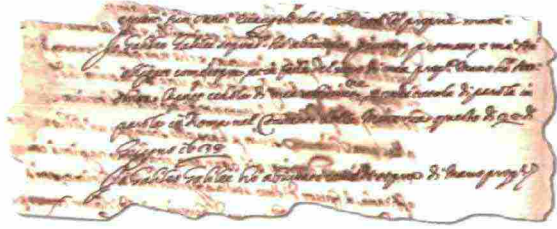


FIG. 10. La conclusione della dichiarazione di abiura di Galileo del 22 giugno 1633. (Archivio Segreto Vaticano)

tra il cubo delle distanze dei pianeti e il quadrato dei loro periodi di rivoluzione intorno al Sole è costante e uguale per tutti i pianeti.

Allora, conclude: «se dal Sole emana una *anima motrix* o una *vis*, questa si indebolisce con la distanza: è quindi qualcosa di corporeo». Sarà, questa *vis*, la forza gravitazionale descritta alla fine del secolo da Isaac Newton nei *Philosophiæ naturalis Principia Mathematica* del 1687. Dalla loro derivazione dalla legge newtoniana di gravitazione universale quelle tre relazioni empiriche diventeranno le ben note tre leggi di Keplero.

Tuttavia, anche se le nuove scoperte accompagnavano verso una radicale modifica della concezione del Cosmo, le osservazioni di Galileo e i calcoli di Keplero, pur portando un notevole numero di “prove indiziarie”, non riuscivano a dimostrare “oltre ogni ragionevole dubbio” la validità del sistema eliocentrico e poi... e poi mancava una fisica che lo potesse giustificare e i dogmi teologici non parevano d'accordo.⁹

Nel frattempo giungono in Vaticano alcune denunce, tra le quali quelle dei domenicani Tommaso Caccini e Niccolò Lorini, per avere «un goffo dicitorre [Galileo] preteso di spiegare la Bibbia contro l'opinione comune dei Padri della Chiesa». Il cardinale Roberto Bellarmino, membro del Sant'Uffizio, pur avendo ricevuto da un gruppo di sapienti la conferma della realtà delle osservazioni di Galileo, lo convoca nel 1616 a Roma e (pare) in tono amichevole e senza alcun intento accusatorio:

gli è stata denunciata dichiarazione fatta da Nostro Signore [Paolo V], nella quale si contiene che la dottrina attribuita al Copernico [...] sia contraria alle sacre Scritture e però non si possa difendere, né tenere.

Il *De revolutionibus* di Copernico è inserito nell'Indice dei libri proibiti «*donec corrigatur*». Quindi, attenzione Galileo, prosegui pure i tuoi studi ma stai lontano da Copernico.

Il Pisano prosegue i suoi studi, ma non riesce assolutamente a “stare abbottonato” e, grazie anche

⁹ Non è ovviamente possibile fornire qui una bibliografia della miriade di opere che hanno trattato questi argomenti; mi limito a indicarne uno con un vasto apparato bibliografico: M. BUCCIAN- TINI, *Galileo e Keplero. Filosofia, cosmologia e teologia nell'Età della Controriforma*. Torino, Einaudi, 2003.

a un carattere irruento, inizia a polemizzare soprattutto con alcuni gesuiti, pubblicando nel 1623 – giusto 400 anni fa – un'opera di grande valore scientifico e letterario, pur con alcuni errori e imperfezioni all'epoca comprensibili, *Il Saggiatore*. È scritta in italiano, non in latino, e quindi in grado di poter essere letta e compresa da tutti, non solo dagli scienziati o dagli ecclesiastici: così saranno anche i suoi scritti successivi. È qui che porrà le basi di quello che sarà poi chiamato “metodo galileiano”, fondamento della scienza moderna. Ed è qui che si legge un passaggio che è rimasto famoso nella storia della scienza:

La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi (io dico l'universo), ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, e conoscere i caratteri, ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto.

Nello stesso anno il cardinale Maffeo Barberini diventa papa Urbano VIII, personaggio di vasta cultura umanistica e anche scientifica, frequentatore dell'Accademia dei Lincei di Federico Cesi e dal quale Galileo sa di essere stimato e apprezzato. Si sente quindi libero dall'ammonizione di Bellarmino e prepara un nuovo libro, il *Dialogo ... sopra i due massimi Sistemi del Mondo, Tolemaico e Copernicano*, che vedrà la luce nove anni più tardi, dopo averne parlato con lo stesso Papa e a lungo discusso tra Roma e Firenze per avere l'*imprimatur* e aver accettato di cambiare il titolo da lui proposto *Del flusso e riflusso del mare*. Un argomento troppo esplicitamente eliocentrico perché Galileo (a torto) riteneva che le maree fossero una dimostrazione dei moti della Terra. Qui, sotto forma di dialogo tra tre personaggi, intende fare una *summa* delle problematiche tra le idee di Copernico e quelle di Aristotele e Tolomeo. Ma il Nostro non riesce proprio ad essere obiettivo e il difensore di Tolomeo, con il nome di un filosofo di Cilicia del VI secolo, Simplicio (fin troppo indicativo), finisce per fare proprio la figura del “semplicitotto”. Il libro termina con il buon Simplicio che sostiene alcune delle affermazioni che papa Urbano aveva suggerito personalmente a Galileo. Potete immaginare con quale risultato: nasce il “Caso Galileo”.¹⁰ Colui che era stato considerato il maggior scienziato d'Europa, chiamato «mio figlio devoto» dal Papa, bandiera della scienza cattolica contro quegli eretici dei luterani viene convocato a Roma e messo sotto processo per aver sostenuto idee «filosoficamente folli e assurde e formalmente eretiche».

¹⁰ Anche qui mi permetto solo poche citazioni all'interno delle quali si possono trovare un gran numero di referenze: P. REDONDI, *Galileo eretico* Torino, Einaudi, 2004; A. RIGHINI, *Galileo. Tra scienza, fede e politica*; Bologna, Editrice Compositori, 2008; M. BUCCIAN- TINI, M. CAMEROTA (a cura di), *Galileo Galilei. Scienza e religione. Scritti copernicani*, Roma, Donzelli, 2009.



Ne consegue che:

Questo dì 22 giugno 1633 [...] diciamo, pronuntiamo, sententiamo et dichiariamo che tu Galileo ti sei reso vehementemente sospetto d'heresia, cioè d'aver creduto dottrina contraria alle Sacre Scritture, ch'il Sole sia centro del Mondo e che non si muova e che la Terra si muova e non sia centro del Mondo [...] *Ita pronun. mus nos Cardinales infrascripti.*

E ovviamente:

Io Galileo sodetto ho abiurato, promesso e mi sono obbligato come sopra; e in fede del vero, di mia propria mano ho sottoscritta la presente cedola di mia abiurazione e recitata di parola in parola, in Roma, nel convento della Minerva, questo dì 22 giugno 1633. Io Galileo Galilei, ho abiurato come di sopra, mano propria. (FIG. 10)

«Galileo sodetto» viene definitivamente condannato al carcere a vita, trasformato poco dopo nell'esilio nella sua villa «Il gioiello» ad Arcetri, con proibizione di incontrare alcuno senza autorizzazione ecclesiastica, fino alla morte, nel 1642.¹¹

Nei quasi 400 anni trascorsi dalla condanna e dall'abiura, fiumi di libri sono stati pubblicati per discutere del Caso Galileo sotto tutti gli aspetti, scientifici, teologici, filosofici, politici e anche umani; compresi i motivi che portarono a far trascorrere sei anni dalla pubblicazione del *Sidereus Nuncius* per ammonire quel «figlio devoto del Papa» e diciassette per condannarlo. Una montagna di discussioni e polemiche che hanno portato nel 1965 Paolo VI e il Concilio Vaticano II a esprimersi con le seguenti parole:

A questo proposito ci sia concesso di deplorare certi atteggiamenti mentali, che talvolta non sono mancati nemmeno tra i cristiani, derivati dal non avere sufficientemente percepito la legittima autonomia della scienza, suscitando contese e controversie, essi trascinarono molti spiriti fino al punto da ritenere che scienza e fede si oppongano tra loro.¹²

Anni dopo, nel 1979, Giovanni Paolo II, in occasione delle celebrazioni del centenario della nascita di Einstein presso la Pontificia Accademia delle Scienze, si rammaricava che Galileo avesse dovuto «molto soffrire» a causa della Chiesa ed auspicava «una serena revisione di tutto il Caso Galilei». Revisione che lo stesso Papa affidò due anni più tardi a una speciale Pontificia Commissione di Studio sul Caso Galileo, presieduta dal cardinale Paul Poupard per compiere questo lavoro di riesame. Ma dovettero trascorrere dieci anni di riunioni e discussioni fino a quando, nel 1992, il cardinale Poupard, più volte sollecitato, presentava al Papa i lavori della Commissione, che praticamente non

¹¹ I documenti del processo sono in: S. M. PAGANO (a cura di), *I documenti vaticani del processo di Galileo Galilei (1611-1741)*. Nuova edizione. «Pontificia Academiae Scientiarum Scripta Varia», 112. Vaticano, 2009.

¹² PAOLO VI – CONCILIO ECUMENICO VATICANO II, *Gaudium et Spes - Costituzione Pastorale "Sulla Chiesa nel mondo contemporaneo"*, Roma, 8 dicembre 1965, cap. III, par. 36.

era giunta a una conclusione condivisa, certa e definitiva.¹³ Il 31 ottobre dello stesso anno, in un discorso dinanzi ai partecipanti alla sessione plenaria della Pontificia Accademia delle Scienze, Giovanni Paolo II affermava:

Una tragica reciproca incomprensione è stata interpretata come il riflesso di una opposizione costitutiva tra scienza e fede. Le chiarificazioni apportate dai recenti studi storici ci permettono di affermare che tale doloroso malinteso appartiene ormai al passato.

Ora, non sta certo a me e in queste poche righe entrare nel merito di una *Costituzione Pastorale* o di un discorso del Papa, ma mi sento comunque di esprimere un pensiero del tutto personale. Quattrocento anni fa un individuo è stato processato da un organo giuridico legalmente costituito; certamente il processo è stato condotto nella maniera corretta secondo quelle che erano le leggi vigenti e non credo su questo punto ci sia nulla da ridire sotto gli aspetti formali. Ma sostenere che nel Caso Galileo ci sia stata una «tragica reciproca incomprensione» e un «doloroso malinteso» non riesco a capirlo. È proprio entrando storicamente nello spirito dell'epoca, nei temi astronomici, fisici, teologici, filosofici di cui si discuteva durante tutta la vicenda, che ritengo non ci fosse – a quel tempo – alcuna «incomprensione» tra le parti e nessun «malinteso». Le differenti posizioni erano state espresse allora in maniera esplicita in un gran numero di documenti, libri, lettere, denunce, ammonizioni ecc. Sembra quasi che si voglia dire «Scusa Galileo, all'epoca non ci eravamo capiti e abbiamo dovuto procedere secondo legge, adesso invece è tutto chiaro!».

Scusandomi per l'intermezzo personale, torniamo, per concludere, al nostro scienziato che, come ovvio, anche dai suoi «arresti domiciliari» ad Arcetri non cessa di lavorare alla costruzione di una nuova fisica, essendogli chiaro che è proprio quello il punto su cui deve basarsi il nuovo Sistema del Mondo. In estrema sintesi, i punti principali riguardavano le dimensioni del Cosmo e i moti della Terra e dei corpi sulla Terra, non giustificabili dalla fisica peripatetica, e la nuova fisica doveva basarsi sulle proprietà delle sostanze e sulle nuove leggi del moto.

Nel 1638 – Galileo ha 74 anni e morirà quattro anni dopo – pubblica il suo capolavoro, *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze, attinenti alla Meccanica & i Movimenti Locali*, un altro dialogo, sempre tra i soliti tre personaggi, Sagredo, Salviati e Simplicio (poi sostituito da Aproino). La copertina mostra l'editore: *In Leida, Appresso gli Elsevirii!* Non era stato facile concludere un'opera così impegnativa, ma Galileo non può farlo stampare in Italia, essendogli stato fatto divieto di pubblicare al-

¹³ Un'attenta discussione sui lavori della Commissione si può trovare in: M. ARTIGAS, M. SÁNCHEZ DE TOCA, *Galileo e il Vaticano. Storia della Pontificia Commissione di Studio sul Caso Galileo (1981-1992)*, Venezia, Marcianum, 2008.



cunché; con grandi difficoltà e con l'aiuto di alcuni amici riesce a far giungere nascostamente i manoscritti in Olanda.¹⁴

Il testo spiega e dimostra i principi della fisica, della dinamica dei movimenti e della scienza delle costruzioni¹⁵ ed è qui che Galileo completa e definisce quel problema del moto dei corpi che aveva già affrontato nel 1612 in una lettera all'amico banchiere e politico tedesco, Mark Welser:

[un corpo naturale] rimossi tutti gli impedimenti esterni [...] in quello stato si conserverà nel qual una volta sarà stato posto; cioè se sarà messo in stato di quiete, quello conserverà e se sarà posto in movimento [...] nell'istesso si manterrà.¹⁶

È l'anticipazione di quello che oggi è noto come principio d'inerzia e che, cinquant'anni dopo i *Discorsi*, Newton, grande estimatore del Pisano, enuncerà nei *Principia* come prima legge della meccanica, una legge che è alla base di tutta la fisica moderna e che scalza definitivamente l'antica fisica aristotelica, scolastica e peripatetica:

LEX PRIMA: *Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare.*

¹⁴ Si veda una sintesi delle vicende intorno alla stampa dei *Discorsi* in: www.museogalileo.it/it/museo/esplora/incontra-galileo/31-opere/461-discorsi-e-dimostrazioni-matematiche-intorno-a-due-nuove-scienze-1638.html.

¹⁵ P. ROSSI (a cura di), *Storia della scienza*, vol. 1, Novara, Istituto Geografico De Agostini, pp. 223-225.

¹⁶ G. GALILEI, *Seconda lettera a Welser*, da Firenze 14 agosto 1612, in *Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti*, in Roma, Appresso Giacomo Mascardi, 1613, p. 50; e in A. FAVARO (a cura di), *Le opere di Galileo Galilei: edizione nazionale sotto gli auspici di Sua Maestà il Re d'Italia*, 1890-1909, IV, p. 134.

[Ciascun corpo persevera nel suo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme, a meno che sia costretto a mutare tale stato da forze impresse.]

È cambiata adesso la visione del Cosmo e diventa poco dopo anche implacabilmente e uniformemente accettata con la «necessaria dimostrazione» della rivoluzione della Terra intorno al Sole, dovuta alla «sensata esperienza» dell'inglese James Bradley: la scoperta, nel 1729, dell'aberrazione annua della luce delle stelle.¹⁷

Il 16 aprile del 1757, la Sacra Congregazione dell'Indice permette la libera circolazione dei «*libri omnes docentes immobilitatem Solis et mobilitatem terrae*». Anche se per togliere dall'Indice i libri di Galileo e di tutti gli altri copernicani, che vi giacevano dai primi del Seicento, si dovrà ancora attendere un secolo.¹⁸

Voglio concludere questo mio intervento con una frase che mi sta sempre a cuore:

La gente saggia concorda sul fatto che le scienze sono comparse obbedendo alla regola dello sviluppo e non sono vincolate a finalità che non ne contemplino il superamento.

Non è di Galileo ma risale al XII secolo ed è di un astronomo di Bagdad, As-Samaw'al al-Maghribī, in un libro che, molto esplicitamente, si intitola *Libro sullo svelamento delle bizzarrie degli astrologi*. Sono certo che Galileo l'avrebbe apprezzata.

¹⁷ A. GUALANDI, F. BÒNOLI, *The search for stellar parallax and the discovery of the aberration of light: the observational proofs of the Earth's revolution, Eustachio Manfredi and the 'Bologna case'*, «Journal for the History of Astronomy», 40 (2), 2009, pp. 155-172.

¹⁸ P. MAFFEI, *Giuseppe Settele, il suo diario e la questione galileiana*, Foligno, Ediz. dell'Arquata, 1987.

Fabrizio Bònoli, direttore del «Giornale di Astronomia», già professore associato in Storia dell'astronomia presso l'Università di Bologna, è attualmente *Alma Mater Honorary Professor*.