

# Atti

DELLA ACCADEMIA ROVERETANA DEGLI AGIATI

---

ser. X, vol. III, B

**Classe di Scienze matematiche, fisiche e naturali**



CCLXXI ANNO ACCADEMICO  
2021

# Atti

**DELLA ACCADEMIA ROVERETANA DEGLI AGIATI**

CCLXXI ANNO ACCADEMICO

2021 ser. X, vol. III, B

Classe di Scienze matematiche, fisiche e naturali



SCRIPTA EDIZIONI

Luca Ciancio

*Harmonices mundi*  
Musica, matematica e filosofia naturale  
alle origini della scienza moderna

**ABSTRACT:** In recent decades, the relationship between various scientific disciplines and music has come back into the limelight thanks to the development of research fields such as the neurosciences or the evolutionary study of animal behavior. For a long time, these relationships have been obscured by idealistic interpretations of music as a product of free inspiration that transcends matter and the physical dimension. This may have hindered full recognition of the central role music theory played in that major transformation of our understanding of nature that goes by the name of the Scientific Revolution. According to a well established historiography, the contribution of music theory to the start of such a decisive cultural transformation was crucial. From an examination of the positions of Copernicus, Kepler and Galileo, a prevailing tendency emerges that consists in the transition from a generic and philosophical Pythagoreanism, based on abstract numerological considerations, to an approach characterized by systematic experimentation and the quantitative study of sound as a physical phenomenon. This transformation implied a radical change in the very concept of number: from a mystical entity, the principle of all things, to a simple instrument for measuring physical phenomena.

**KEY WORDS:** Music theory, mathematics, experimental practice

**RIASSUNTO:** Da alcuni decenni, i rapporti tra le scienze e la musica sono tornati prepotentemente alla ribalta a seguito dello sviluppo di alcuni campi di ricerca come le neuroscienze o lo studio evuzionistico del comportamento animale. Per lungo tempo tali rapporti sono stati oscurati da interpretazioni idealistiche della musica come prodotto di un'ispirazione libera che trascende la materia e la dimensione fisica. Ciò ha ostacolato il pieno riconoscimento del ruolo centrale avuto dalla teoria musicale in quella fondamentale trasformazione del nostro modo di intendere la natura che va sotto il nome di Rivoluzione Scientifica. Secondo la storiografia più consolidata, il contributo della teoria musicale all'avvio di tale decisiva trasformazione culturale fu invece imprescindibile. Dall'esame delle posizioni di Copernico, Keplero e Galileo emerge infatti una tendenza prevalente che consiste nel passaggio da un pitagorismo generico e filosofico, imperniato su astratte considerazioni numerologiche, ad un approccio caratterizzato dallo sperimentalismo sistematico e dallo studio quantitativo del suono, come di ogni altro effetto naturale, in quanto fenomeno fisico.

Tale trasformazione implicava un mutamento profondo del concetto stesso di numero: da entità mistica, principio di tutte le cose, a semplice strumento di misurazione dei fenomeni fisici.

PAROLE CHIAVE: Teoria della musica, matematica, sperimentalismo

## Introduzione

Nel corso degli ultimi decenni, i secolari rapporti tra le scienze della natura e la musica sono tornati prepotentemente alla ribalta a seguito di importanti sviluppi in campi quali le neuroscienze e lo studio evolucionistico del comportamento animale.<sup>1</sup> È opportuno ricordare che soprattutto in età romantica quei rapporti erano stati messi in ombra da interpretazioni idealistiche orientate a considerare la musica come la rivelazione dell'assoluto, il prodotto di un'ispirazione libera che trascende la materia e la dimensione fisica.<sup>2</sup> La rivolta romantica contro la ragione illuministica era un'esplicita denuncia degli effetti prodotti da un eccesso di fiducia nei confronti delle scienze quali strumenti di interpretazione e trasformazione della realtà. È difficile valutare quale sia l'attuale circolazione di una visione filosofica che di fatto relega in secondo piano l'analisi delle componenti fisiche dei fenomeni sonori. Si può ipotizzare, tuttavia, che la sua persistenza, quantomeno nell'opinione comune, tuttora ostacoli il riconoscimento delle relazioni strettissime tra lo sviluppo della teoria musicale e le origini della scienza moderna; e dunque la rilevanza storica di questo rapporto, un rapporto che potremmo definire osmotico, merita di essere riproposta e sottolineata.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Una precedente versione di questo saggio è stata presentata e discussa al seminario *Musica, Natura, Ambiente* (17 marzo 2021) organizzato dal Conservatorio di Verona e dall'Università degli studi di Verona. Ringrazio il Prof. Vincenzo Borghetti e la Prof. Laura Och per l'invito che mi hanno rivolto.

A titolo puramente orientativo si veda Fauvel (2003). Per un quadro esteso a momenti della fisica del Novecento si vedano Hui, Kursell, Jackson (2013); Maor (2018); per l'approccio evolucionistico Wallin, Merker, Brown (2000). Va considerato infine il vasto campo interdisciplinare dei cosiddetti "sound studies" per il quale si veda Boon (2015, pp. 493-502). Ambiti della biologia in cui si è ritenuto che l'armonia del mondo si manifestasse "nella forma e nel numero" sono la morfologia animale e la biologia dello sviluppo, discipline che hanno avuto in D'Arcy W. Thompson il principale iniziatore. Si vedano i riferimenti al pitagorismo contenuti in Thompson (2013, pp. 350-351).

<sup>2</sup> Fubini (1968, p. 101).

<sup>3</sup> La nozione storiografica di Rivoluzione Scientifica è oggi contestata da studiosi autorevoli, ma ritengo che, opportunamente aggiornata, come avviene ad esempio in Teich (2015), possa ancora svolgere una funzione utile soprattutto nel contesto della comunicazione pubblica e della didattica. Tra i primi a ripudiare tale nozione va ricordato Shapin 2002 (ed. or. 1996), ma ora si

La disciplina della storia della scienza si è affermata come settore accademico nella seconda metà del secolo scorso concentrando una parte consistente dei suoi progetti d'indagine sull'interpretazione della cosiddetta Rivoluzione Scientifica, un fenomeno culturale di cui ha saputo chiarire le complesse funzioni quale fondamentale generatore della modernità. Tutti oggi concordano sul fatto che col termine 'rivoluzione' si debba intendere il processo, durato oltre un secolo, che ha consentito la sostituzione della visione antica e medievale della natura, dominata dal pensiero di Aristotele, Tolomeo e Galeno, con una concezione radicalmente nuova, che pure si ispirava ad antiche tradizioni scientifiche a lungo marginalizzate. Secondo una storiografia di settore le cui indagini più significative risalgono agli anni '80 e '90 del Novecento, il contributo dato dalla riflessione rinascimentale intorno ai fenomeni musicali all'avvio di tale decisiva trasformazione è imprescindibile.<sup>4</sup> Non si comprende la rivoluzione concettuale avviata da Copernico, approfondita da Galileo e Keplero, portata a compimento da Boyle e Newton senza tener conto di idee e pratiche largamente diffuse tra i teorici della musica del Rinascimento. A conferma di ciò basterebbe ricordare che di teoria della musica si occuparono espressamente scienziati come Bacone, Cartesio, Keplero, Galileo, Mersenne, Huygens e Boyle, per citare solo i più noti. È perciò del tutto condivisibile quanto ha sostenuto Paolo Gozza: "Il pensiero scientifico europeo non è pensabile in termini storico-culturali senza la musica."<sup>5</sup>

All'interno di tale complesso fenomeno mi limiterò ad isolare alcuni momenti che appaiono decisivi. In particolare cercherò di mostrare come, tra metà Cinquecento e anni '30 del Seicento, la discussione sui fondamenti teorico-filosofici della musica e sulla natura dei suoni abbia costituito uno dei principali veicoli non soltanto di una nuova concezione della natura come ordine retto da un'armonia matematica, ma anche di una nuova concezione del metodo scientifico consistente nella rigorosa verifica sperimentale di ipotesi formulate in linguaggio matematico. In tale processo, come vedremo, il confronto tra teorici della musica e filosofi naturali consentì il superamento del pitagorismo speculativo imperniato su una nozione astratta di numero, a vantaggio di un approccio geometrico ed estensionale; un passaggio teorico a sua volta indispensabile per consentire un'indagine fisica e sperimentale, tanto dei fenomeni musicali, quanto di quelli astronomici e meccanici. Dun-

---

veda Richards, Daston (2016, pp. 133-148).

<sup>4</sup> Walker (1978); Cohen (1984); Palisca (1985); Coelho (1992); Gozza (2000). Per una sintesi più recente Mancosu (2006, pp. 596-631); Prins (2019, pp. 439-471).

<sup>5</sup> Gozza (2013). Si vedano anche Gozza (1989) e Gozza (2002, pp. 556-569).

que, furono alcune caratteristiche tesi pitagoriche, rielaborate all'interno del cantiere rinascimentale, a veicolare la principale alternativa alla visione aristotelica della natura contribuendo così alla formulazione dei fondamenti stessi della scienza moderna.

## Pitagorismo e cosmologia

Il punto di partenza ineludibile è costituito dal *De institutione musica* (VI sec. d.C.) del filosofo romano Severino Boezio,<sup>6</sup> opera fondamentale perché rappresentò il principale veicolo delle concezioni pitagoriche e platoniche nel corso di tutto il medioevo rimanendo, ancora per il primo Cinquecento, un punto di riferimento imprescindibile. Le dottrine musicali attribuite a Pitagora, veicolate anche dal *Commento* di Macrobio e dalle *Nozze* di Marziano Capella,<sup>7</sup> furono autorevolmente riprese nella seconda metà del Quattrocento dal filosofo neoplatonico Marsilio Ficino (1433-1499) e da Franchino Gaffurio (1451-1522).<sup>8</sup> Secondo le teorie pitagoriche riprese e discusse da Gaffurio, le proporzioni numeriche costituiscono l'ordine sottostante e il principio generatore non solo dei fenomeni musicali, ma di tutti i fenomeni cosmologici. La nozione stessa di cosmo (in greco *ordine*) era tradizionalmente attribuita all'insegnamento di Pitagora (585-500 a.C.) e della sua scuola. Come scrive Aetio, "Pitagora per primo chiamò l'insieme di tutte le cose cosmo, per l'ordine che vi regna."<sup>9</sup> Secondo una significativa testimonianza di Porfirio, "Pitagora udiva l'armonia dell'universo, cioè percepiva l'universale armonia delle sfere e degli astri moventesi con quelle; le quali noi non udiamo, per la limitatezza della nostra natura."<sup>10</sup>

L'idea di un ordine matematico fondato sul concetto di numero come principio generatore del cosmo di cui la musica è linguaggio privilegiato consentì a Pitagora di elaborare una serie di dottrine basate, secondo la tradizione antica, su esperienze fisiche effettuate principalmente con il monocordo, una corda fissata alle estremità di un supporto ligneo dotato di un ponticello mo-

<sup>6</sup> Boezio (1990). Sul tema dell'armonia musicale come riflesso dell'armonia celeste nei trattati medievali si veda Fubini (1976, pp. 86-87).

<sup>7</sup> Macrobio (2007, Lib. II, cap. I); Marziano Capella (2001, Lib. IX).

<sup>8</sup> Gaffurio (1492); Gaffurio (1496). Sul contributo di Ficino si veda ora Prins (2015). Un'utile cronologia delle fonti è fornita in Gangwere (2004).

<sup>9</sup> Timpanaro Cardini (2010, p. 67).

<sup>10</sup> Ivi, p. 17. Sul pensiero di Pitagora si vedano almeno Kahn (2001), Riedweg (2005), Ferguson (2011).

bile per la divisione della corda stessa lungo la sua lunghezza. Una testimonianza della persistente autorevolezza di tali dottrine è fornita da un dettaglio della *Scuola d'Atene* (1509-1511) di Raffaello in cui, in prossimità della figura di Pitagora, è collocata una lavagna su cui compare una raffigurazione dell'*epògdoon* (intervallo), il diagramma che riassume la teoria degli intervalli sonori. Secondo tale teoria, gli intervalli perfetti cioè consonanti – quarta, quinta e ottava – sono soltanto quelli che si possono ottenere per mezzo di proporzioni, tra i segmenti della corda separati dal ponticello e la corda intera, che implichino i numeri interi da 1 a 4. Ciò corrisponde all'esperienza, ma rendeva la teoria musicale una disciplina molto astratta e, come si vedrà, in attrito con la pratica musicale. Inoltre, l'associazione tra *epògdoon* e *tetraktys* – ossia la somma dei primi quattro numeri naturali, il numero sacro simbolo dell'armonia dell'universo – evidenziava il carattere religioso delle dottrine pitagoriche.

È necessario altresì ricordare che importanti esponenti del pitagorismo antico come Ippaso da Metaponto ed Eraclito di Efeso avevano formulato un'ulteriore dottrina destinata ad esercitare un fascino potente sull'astronomia della prima età moderna: quella secondo cui il fuoco era il principio del cosmo. Inoltre, quando il pitagorico Filolao di Crotone affermò che “primo per natura è il fuoco di mezzo, intorno a cui si muovono in giro dieci corpi divini [...]” fornì gli elementi essenziali per una concezione eliocentrica dell'universo, rendendoli per così dire disponibili ad un recupero da parte degli scienziati-umanisti del Rinascimento insoddisfatti nei confronti dell'astronomia tradizionale.<sup>11</sup> È il caso, in primo luogo, di Niccolò Copernico, l'astronomo tedesco-polacco cui si deve la pubblicazione, nel 1543, del *De revolutionibus orbium coelestium*. Si tratta, come è noto, del trattato che ha avviato la rivoluzione astronomica, il libro nel quale si avanza l'ipotesi di un triplice moto della Terra attorno al sole: di rotazione giornaliera attorno all'asse, annua attorno a un sole leggermente decentrato, a cui si aggiunge un lento moto conico dell'asse. Filolao e i pitagorici Eraclide ed Ecfanto, sono ripetutamente citati da Copernico tra le fonti a sostegno della sua temeraria ipotesi geocinetica. Ma vi è un passo della *Prefazione* al *De revolutionibus* che merita di essere riletto:

Chi poi ha inventato gli eccentrici [Tolomeo n.d.r.] non pot[é] scoprire o

<sup>11</sup> Timpanaro Cardini (2010, pp. 353-355). Che si trattasse di un'alternativa al geocentrismo era chiaro ad Aristotele nel *De caelo*: cfr. Ivi, pp. 365-369.

dedurre da tali mezzi la cosa più importante, vale a dire la forma dell'universo e l'esatta simmetria delle sue parti, ma accadde loro come se qualcuno prendesse da diversi luoghi mani, piedi, testa e altre membra, realizzate certo ottimamente, ma non a misura di un unico corpo, nient'affatto corrispondenti fra loro, in modo da comporre con esse un mostro piuttosto di un uomo.<sup>12</sup>

La metafora anatomica, che rinvia agli studi medici effettuati da Copernico in Italia agli inizi del Cinquecento, evidenzia l'esigenza primaria, estetica non meno che logica, di pensare il cosmo in termini che all'epoca si era soliti definire pitagorici, ossia come ordine architettonico caratterizzato da simmetria e proporzionalità delle parti all'interno di una totalità. Si tratta di una visione non soltanto in accordo con le dottrine architettoniche e artistiche che dominavano la cultura del primo Cinquecento, ma di un presupposto irrinunciabile per quanti intendevano mettere in discussione la tradizione aristotelico-tolemaica dominante.

Che la nuova astronomia copernicana abbia un debito fondamentale nei confronti dell'armonia celeste dei pitagorici prima, del *Timeo* platonico poi, trova molteplici conferme nell'opera di Giovanni Keplero (1571-1630).<sup>13</sup> Il geometrismo del *Mysterium Cosmographicum* (1596), opera nella quale il copernicanesimo trovava inedita espressione attraverso il modello delle orbite planetarie iscritte e circoscritte ai cinque solidi regolari platonici, fu approfondito, nel 1619, in *Harmonices mundi*, proponendo, nel Libro III, di studiare le leggi della consonanza sulla base della relazione tra la circonferenza di un cerchio e le corde tracciate dai poligoni regolari iscritti.<sup>14</sup> Nel Libro V, inoltre, Keplero propose di associare uno specifico intervallo, espresso in forma di scala, alla traiettoria di ciascun pianeta in perielio rispondente alle famose leggi del moto planetario da lui stesso scoperte.<sup>15</sup> Dopo un'articolata esposizione degli innumerevoli rapporti proporzionali che costituiscono la trama del cosmo Keplero concludeva: "I moti celesti altro dunque non sono che un perenne concerto (razionale, non vocale) [...] per cui non è più una meraviglia che la regola del canto polifonico [*rationem canendi per concen-*

<sup>12</sup> Copernico (2009), pp. 12-15).

<sup>13</sup> Si vedano almeno: Godwin (1992), Tomlinson (1993), Stephenson (1994), Haar (1998). Il matematico ancora fortemente connotato in senso mistico rende plausibile l'ipotesi che l'astronomia kepleriana sia stata una delle fonti di ispirazione per *The Planets* op. 32 di Gustav Holst (1916), opera in cui prevale una lettura mistica e psicologica dell'astrologia.

<sup>14</sup> Keplero (1619), Lib. III, *De ortu proportionum harmonicarum, deque Natura et differentiis rerum ad Cantum pertinentium*. Si veda Cohen (1984), pp. 19-23).

<sup>15</sup> Keplero (1619), Lib. V, pp. 206-207).



tum], ignota agli antichi, sia stata infine scoperta dall'uomo, scimmia del suo Creatore."<sup>16</sup> Era un'esplicita attribuzione alla nuova scienza del merito di aver finalmente scoperto la vera struttura armonica del cosmo.

L'opera del 1619, tuttavia, è soprattutto il luogo di un rivolgimento teorico gravido di conseguenze. Keplero, infatti, vi definì la tradizione dell'aritmetica armonica dei pitagorici come tirannia musicale ("tyrannis ista harmonica") scegliendo così di contestare la funzione attribuita da Pitagora alle grandezze astratte, i numeri, nella comprensione dei fenomeni di consonanza e dissonanza. A tale approccio Keplero contrappose la misura degli intervalli mediante le quantità continue della geometria: segmenti e corde. Poiché, sosteneva, se è indubbio che la struttura del cosmo è matematica, la nostra mente è fatta in modo tale da cogliere le quantità come grandezze continue; non i numeri, entità discrete che non denotano alcunché di reale. Dunque l'aritmetica andava ridotta a semplice strumento di misura delle quantità estese. Si tratta di un passaggio concettuale decisivo poiché la sostituzione del pitagorismo originario con una geometrizzazione di ispirazione platonica poneva le condizioni teoriche per una considerazione pienamente fisica, e dunque anche empirico-sperimentale, del suono.<sup>17</sup> Tra gli episodi che anticiparono quest'ultimo, fondamentale passaggio dobbiamo annoverare la discussione tra Gioseffo Zarlino e Vincenzo Galilei avvenuta negli anni '80 del secolo precedente, un episodio la cui rilevanza ci costringe a compiere un passo indietro.

## Sperimentalismo vs. numerologia

Fin dall'antichità greca, l'approccio numerologico astratto di Pitagora applicato ai fenomeni musicali aveva avuto degli avversari di rango tra i quali Platone. Il più incisivo, tuttavia, era stato l'aristotelico Aristosseno di Taranto (IV sec. a. C.), il quale aveva preferito alle concezioni astratte dei pitagorici la capacità dell'orecchio di discernere gli intervalli sonori.<sup>18</sup> Ciò lo aveva indotto a distinguere dodici semitoni uguali all'interno dell'ottava con la conseguenza che gli intervalli di quarta e di quinta potevano essere espressi soltanto utilizzando numeri irrazionali, un esito inaccettabile per l'armonia numerologica dei pitagorici fondata sui numeri interi. Le tesi di Aristosseno

---

<sup>16</sup> Ivi, p. 212.

<sup>17</sup> Si veda Cohen (1984, pp. 16-18).

<sup>18</sup> Fubini (1976, pp. 51-55).

tornarono a circolare tra Quattro e Cinquecento perché gli sviluppi della polifonia e della musica strumentale, con l'urgente problema dell'accordatura degli strumenti, non potevano che evidenziare l'inapplicabilità del canone pitagorico alla pratica musicale.

A tali difficoltà, come è noto, si era proposto di rimediare Gioseffo Zarlino (1517-1590), successore di Cipriano de Rore quale maestro di cappella della Basilica di San Marco a Venezia, ne' *Le istituzioni armoniche* (1558).<sup>19</sup> Attraverso un'estensione dei numeri perfetti fino al sei, Zarlino propose una riforma del paradigma pitagorico che riconosceva la dignità di intervalli consonanti anche alla terza maggiore e minore e alla sesta maggiore e minore, senza però ottenere il consenso unanime che si attendeva.<sup>20</sup> Fu infatti un suo allievo, il musicista toscano Vincenzo Galilei (1520-1591), nel *Dialogo della musica antica et della moderna* (1581), a polemizzare con lui mostrando, con argomentazioni desunte dall'esperienza sensibile, che Pitagora era in errore quando aveva affermato che i rapporti numerici delle consonanze musicali definiti come relazioni tra l'altezza del suono e la diversa lunghezza delle corde sono universalmente validi.<sup>21</sup> L'osservazione empirica "delle cose maestra"<sup>22</sup> dimostrava infatti che, se si considera non la lunghezza ma la tensione delle corde, i rapporti delle consonanze sono definiti da proporzioni di numeri inversi al quadrato, non semplici. In altri termini, per una quinta, do-sol, il rapporto è 9:4, non 2:3. Inoltre, era emerso che la tensione della corda non era la sola variabile fisica in gioco. Vincenzo Galilei esaminò anche gli effetti della diversa materia di cui sono costituite le corde e del loro diametro giungendo alla conclusione che nella teoria era meglio archiviare i rapporti perfetti di Pitagora e Zarlino; e nella pratica musicale, non restava che accor-

<sup>19</sup> Zarlino (1558); Zarlino (1588-1589). Si veda in particolare Cohen (1984), ma anche Fubini (1976, pp. 110-121).

<sup>20</sup> Fu dunque Zarlino a operare il passaggio dal numero sonoro di Pitagora alla quantità continua della geometria reinterpretando il tradizionale strumento di computo degli intervalli musicali, il monocordo. Come spiega Paolo Gozza, "La misura degli intervalli musicali operata sul monocordo è fondata sull'analogia tra suono e linea, tra l'altezza della nota e la sua rappresentazione geometrica. Dall'analogia scientifica tra il suono e la lunghezza della corda che lo emette deriva il principio della divisione della corda come principio generatore dei suoni e dei loro rapporti matematici: come ogni divisione della corda contiene le corde minori e non le corde maggiori, allo stesso modo ogni suono contiene tutti i suoni più acuti e non i suoni più gravi. In breve, il monocordo è la procedura che consente a Zarlino di diminuire la distanza tra numeri e corpi sonori, tra le quantità astratte dell'aritmetica e i corpi artificiali o naturali (le voci) che attuano i suoni della musica [...]" Gozza (2013).

<sup>21</sup> Galilei (1581); Galilei (1589). Palisca (1989), Fabbri (2021). Si veda anche Fubini (1976, pp. 125-132).

<sup>22</sup> Galilei (1589, p. 104).

dare gli strumenti a orecchio in modo da ottenere un pari temperamento.<sup>23</sup>

Che nella famiglia Galilei la musica abbia avuto un ruolo assolutamente centrale è confermato dal fatto che il figlio minore di Vincenzo, Michelagnolo Galilei (1575-1631), fu un liutista di professione, a lungo impegnato come musicista e compositore in varie corti europee.<sup>24</sup> Nella particolare prospettiva da cui muoviamo, quel che appare più rilevante degli studi di Vincenzo è l'uso consapevole e non occasionale della sperimentazione fisica; per l'ovvia ragione che egli era il padre del ben più famoso Galileo Galilei (1564-1641). È infatti accertato che il giovane Galileo collaborò attivamente agli esperimenti del genitore imparando precocemente a gestire una situazione sperimentale complessa.<sup>25</sup>

Quale sia stato esattamente l'impatto delle dottrine musicali di Vincenzo sul giovane scienziato, anch'egli abile liutista, è stato oggetto di indagini accurate che hanno consentito di precisare convergenze e contrasti tra i due.<sup>26</sup> Non vi è dubbio sul fatto che entrambi condividessero il rifiuto del principio di autorità e la promozione coraggiosa della libertà di indagine. Si deve però evidenziare soprattutto che, grazie a quel vero e proprio tirocinio sperimentale, Galileo fu incoraggiato a sbarazzarsi in fretta dell'astratta e dogmatica numerologia dei pitagorici per adottare una concezione dei numeri molto diversa, coerente con le concezioni euclidee e archimedee. Ciò lo avrebbe messo in condizione di indagare la 'qualità' del suono, il suono come realtà fisica di cui si occupano i filosofi naturali, adottando un approccio sostanzialmente estraneo a quello astratto dei matematici. Per Galileo, come per Keplero, i numeri diventarono puri strumenti di quantificazione delle leggi naturali, leggi che possono essere svelate soltanto a seguito di una sistematica attività di laboratorio. I numeri restavano certo indispensabili, ma solo per la rigorizzazione di quei dati che egli considerava un prodotto irrinunciabile dell'attività sperimentale.

Tra le prime attestazioni dell'avvenuto superamento del pitagorismo vi è la lettera a Gallanzone Gallanzoni del luglio 1611 nella quale Galileo reagiva alle critiche di Ludovico Delle Colombe che aveva confutato l'esistenza di asperità sulla superficie lunare avvalendosi di una nozione di perfezione pre-

---

<sup>23</sup> Palisca (1989, pp. 162-163, 201-203). Si veda anche Isacoff (2011).

<sup>24</sup> Galilei (1620).

<sup>25</sup> Drake (1975, pp. 98-104); Drake (1978, pp. 15-17); Drake (1992, pp. 3-16); Palisca (1992, pp. 143-152).

<sup>26</sup> Oltre ai saggi di Drake e Palisca già citati si vedano: Heilbron (2010), Peterson (2011, pp. 149-173, 255-258); Greco (2018, pp. 7-20, 31-36, 71-76); Finocchiaro (2020).

giudiziale e fuorviante. Per evidenziare gli effetti negativi di una concezione antropocentrica dell'architettura cosmica in cui "solo perfetto sia quello che loro [gli aristotelici n.d.r] intendono esser perfetto", Galileo ritenne opportuno discutere il concetto di perfezione in riferimento alle proporzioni tra quantità:

Ma io, per l'opposto, osservo, altre perfezioni essere intese dalla natura che noi intendere non possiamo, anzi pure che più presto per imperfezioni giudicheremmo: come, per esempio, delle proporzioni che cascano tra le quantità, alcune ci paiano più perfette, alcune meno; più perfette, quelle tra i numeri più cogniti si ritrovano come la dupla, la tripla, la sesquialtera, etc.<sup>27</sup>

La supposta perfezione dei numeri interi dell'aritmetica di Pitagora era evidentemente inconciliabile con le proporzioni "imperfettissime, quelle delle quantità incommensurabili, da noi inesplicabili et innominate"; inesplicabili al punto che, chiariva Galileo, se un uomo avesse potuto ordinare i moti celesti a propria discrezione avrebbe senz'altro scelto "le prime et più razionali proporzioni". Eppure, proseguiva, "Iddio, senza riguardo alcune delle nostre intese simmetrie, gli ha ordinati con proporzioni non solamente incommensurabili et irrazionali, ma totalmente impercettibili dal nostro intelletto."<sup>28</sup> La lettera a Gallanzone Gallanzoni segnala dunque il compiuto distacco di Galileo sia da concezioni neoplatoniche pregiudiziali in materia cosmologica, sia da teorie matematiche che tendevano a privilegiare alcune classi di numeri – i numeri razionali – ad altre sulla base di considerazioni estetiche, soggettive o psicologiche. Da entrambi i punti di vista ciò equivaleva a un'archiviazione definitiva del lascito pitagorico.

Nel 1623, la sensibilità di Galileo per la fisicità del suono e la sua curiosità per l'imprevedibile e inesauribile varietà di modi con cui la natura è in grado di produrli trovò espressione letteraria nella cosiddetta 'favola dei suoni', una pagina meritatamente famosa de *Il saggiaiore*.<sup>29</sup> Dell'attività sperimentale vera e propria intorno ai fenomeni sonori diede conto nella sezione finale della prima giornata dei *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze* (1638). Da quelle pagine risulta che, in continuità con le esperienze compiute con il padre Vincenzo, Galileo dedicò particolare attenzione alla frequenza delle vibrazioni di una corda, alla loro diffusione e trasmissione,

<sup>27</sup> OG (XI, p. 149).

<sup>28</sup> Ibidem.

<sup>29</sup> OG (VI, pp. 279-281).

alla relazione tra altezza del suono e le variabili costituite dalla tensione cui è sottoposta una corda, la sottigliezza e la materia di cui è fatta.<sup>30</sup> Tale esplorazione aveva lo scopo di spiegare le contrastanti reazioni dell'anima alle consonanze e alle dissonanze, reazioni dipendenti, secondo Galileo, dall'effetto meccanico più o meno gradevole delle onde sonore sulla membrana del timpano.<sup>31</sup> Così, mentre l'ottava

simile è all'unisono [...] onde tal consonanza ne diviene sdolcinata troppo e senza brio, [la quinta] con quei suoi contrattempi [...] ne fa una titillazione ed un solletico tale sopra la cartilagine del timpano, che temperando la dolcezza con uno spruzzo d'acrimonia, par che insieme soavemente baci e morda.<sup>32</sup>

Possiamo forse interpretare tale dichiarazione come una riformulazione moderna del principio attribuito da Gaffurio al pitagorico Filolao secondo cui "Harmonia est discordia concors"; ma era in primo luogo un'allusione erotica che non sarebbe dispiaciuta a due suoi grandi contemporanei come Giovan Battista Marino e Claudio Monteverdi.<sup>33</sup> Il valore di Galileo come letterato e umanista, capace di rendere giocosa una materia ardua, nulla toglie al suo contributo allo studio dei fenomeni sonori in termini fisico-meccanici, un contributo che fa di lui, insieme al padre Marin Mersenne (1588-1648), uno degli iniziatori dell'acustica moderna.<sup>34</sup>

---

<sup>30</sup> OG (VIII, pp. 143-144).

<sup>31</sup> Questa la spiegazione proposta da Galileo: "Consonanti e con diletto ricevute saranno quelle coppie di suoni che verranno a percuotere con qualche ordine sopra 'l timpano: il qual ordine ricerca, prima, che le percosse fatte dentro all'istesso tempo siano commensurabili di numero, acciò che la cartilagine del timpano non abbia a star in un perpetuo tormento d'inflattersi in due diverse maniere per acconsentire ed ubbidire alle sempre discordi battiture [...]" OG (VIII, p. 147).

<sup>32</sup> OG (VIII, p. 149).

<sup>33</sup> "Qualhor con dolce rabbia/Bocca si bacia o morde/su le baciato labbia/Van con voglia con corde/A mordersi, a baciare l'anime ingorde [...]". Marino (1605, p. 29). Nel 1637 Galileo ebbe contatti con Claudio Monteverdi per il tramite di Fulgenzio Micanzio. Questi si rivolse a Monteverdi per chiedergli di procurare un buon violino di Cremona per il nipote dello scienziato Alberto Cesare Galileo (1617-1692). Si veda OG (XVII, pp. 230-231).

<sup>34</sup> Fin dal 1629 Marin Mersenne aveva posto a Galileo una serie di domande relative alla teoria della musica, a cominciare dalle "vere ragioni per cui siano così poche le consonanze in musica": "Audiui enim, te veram rei istius rationem invenisse." OG (XVIII, pp. 426-427). Si vedano Fabbri (2003) e Fabbri (2008).

## Conclusione

Nel percorso della teoria musicale dal Cinquecento al primo Seicento, la traiettoria principale sembra essere costituita dal passaggio da un pitagorismo filosofico e dogmatico, imperniato su astratte considerazioni numerologiche, ad un approccio caratterizzato dallo sperimentalismo sistematico e dallo studio quantitativo del suono come fenomeno fisico. Fu tale evoluzione a permettere la nascita della nuova disciplina dell'acustica e la graduale collocazione della scienza dei suoni all'interno di una visione meccanicistica del mondo. Ma questo comportò un profondo mutamento del concetto stesso di numero: da entità mistica, principio di tutte le cose, a semplice strumento di misurazione dei fenomeni fisici come la frequenza delle vibrazioni di un corpo elastico o di altre caratteristiche quantificabili del suono e degli strumenti che lo generano. Dunque, anche nella teoria della musica si compiva la stessa radicale trasformazione in corso, proprio in quegli anni, in tutte le branche della filosofia naturale: il ripudio dell'essenzialismo, della scienza come ricerca delle qualità sostanziali, ossia la natura ultima delle cose, sostituito dallo studio delle caratteristiche misurabili, spazio-temporali, degli accadimenti fisici. E come era avvenuto nella filosofia naturale, ciò procedeva di pari passo con la piena rivalutazione del sapere dei 'pratici' – costruttori ed esecutori – rispetto alla superiorità lungamente attribuita agli ingegni speculativi.<sup>35</sup>

Questa constatazione ci riporta a un tema tradizionale della storiografia, quello della continuità o discontinuità nei processi di trasformazione dei saperi. Alla luce di quanto si è detto, sembrerebbe prevalere l'immagine di una cesura netta e irreversibile e indubbiamente la distanza che separa l'approccio di Gaffurio da quello dei due Galilei è profonda. Bisogna però sottolineare che la concezione del cosmo come retto dall'armonia matematica era stata mantenuta in circolazione per tutto il medioevo proprio dalle teorie pitagoriche della musica e da queste trasmessa al neoplatonismo rinascimentale. Ciò permette di affermare che la tradizione matematizzante che costituì il cuore stesso della teoria rinascimentale della musica, pur suscitando controversie e revisioni profonde, rappresentò un'esperienza fondamentale per quanti lavorarono alla formulazione delle nuove scienze della natura contribuendo così, in misura decisiva, all'archiviazione dell'approccio qualitativo degli aristotelici.

Ciò detto, in conclusione si deve almeno accennare al fatto che la convi-

---

<sup>35</sup> L'impatto della dimensione sociale e istituzionale sulla teoria, un ulteriore ambito di comparazione tra teoria della musica e nuove scienze, è affrontato in Gozza (2001).

venza tra l'innovazione rappresentata dalla nuova fisica e la tradizione della numerologia esoterica rimase ancora per decenni un tratto caratteristico del campo delle matematiche applicate, musica compresa. Le dottrine di matrice pitagorica, strettamente associate all'idea di una armonia cosmica ora riproposta in termini confessionali quale misterioso geroglifico della divinità, continuarono a ispirare la riflessione di filosofi naturali molto influenti come Robert Fludd e Athanasius Kircher almeno fino alla metà del Seicento.<sup>36</sup>

## Bibliografia

- Boezio S., 1990, *De institutione musica*, a cura di G. Marzi, Roma, Istituto Italiano per la storia della musica.
- Boon T., 2015, *Review: Sounding the field: recent works in sound studies*, «The British Journal for the History of Science», 48/3, pp. 493-502.
- Capella M., 2001, *Le nozze di Filologia e Mercurio*, Milano, Bompiani.
- Coelho V. (a cura di), 1992, *Music and Science in the Age of Galileo*, Dordrecht, Kluwer Academic.
- Cohen H. F., 1984, *Quantifying Music: the Science of Music at the First Stage of the Scientific Revolution*, Dordrecht, Reidel.
- Copernico N., 2009, *La struttura del cosmo*, Firenze, Olschki.
- Drake S., 1975, *The Role of Music in Galileo's Experiments*, «Scientific American», June, 232(6), pp. 98-104.
- Drake S., 1978, *Galileo at Work. His Scientific Biography*, Chicago and London, The University of Chicago Press.
- Drake S., 1992, *Music and Philosophy in Early Modern Science*, in *Music and Science in the Age of Galileo* (a cura di V. Coelho), Dordrecht, Kluwer, pp. 3-16.
- Fabbri N., 2003, *Cosmologia e armonia in Kepler e Mersenne. Contrappunto a due voci sul tema dell'«Harmonice Mundi»*, Firenze, Olschki.
- Fabbri N., 2008, «*De l'utilité de l'harmonie*». *Filosofia, scienza e musica in Mersenne, Descartes e Galileo*, Pisa, Edizioni della Normale.
- Fabbri N., 2021, *L'ascesa di Vincenzo Galilei nel parnaso degli uomini illustri, in Assonanze e dissonanze. Storie di filosofia, musica, scienza per Ferdinando Abbri* (a cura di S. Brogi, A. La Vergata, M. Segala), Pisa, ETS, pp. 153-156.

---

<sup>36</sup> Si vedano Kircher (1650); Kircher (1673). Questo non deve impedirvi di riconoscere che all'altezza degli anni '40, dopo la morte di Galileo, il potenziale euristico di quelle esperienze rinascimentali era ormai esaurito tanto nella filosofia naturale quanto nella teoria della musica. Ciò era ovvio a quanti si riconoscevano nella tradizione galileiana come Geminiano Montanari. Si veda Montanari (1678).

- Fauvel J., Flood R., Wilson R. (a cura di), 2003, *Music and Mathematics. From Pythagoras to Fractals*, Oxford, Oxford University Press.
- Finocchiaro M. A., 2020, *Vincenzo Galilei's Musicology and Galileo's Science: Methodological Comparison and Contrast*, «Isis», 111/4, pp. 740-758.
- Fubini, E., 1976, *L'estetica musicale dall'antichità al '700*, Torino, Einaudi.
- Gaffurio F., 1492, *Theorica musicae*, Mediolani.
- Gaffurio F., 1496, *Practica musice*, Mediolani.
- Galilei G., 1623, *Il saggiaiore*, in OG (VI, pp. 279-281).
- Galilei G., 1638, *Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno a due nuove scienze attenenti alla meccanica e i movimenti locali*, in OG (VIII, pp. 143-144).
- Galilei G., 1929-39, *Le opere*, ed. nazionale a cura di A. Favaro, Firenze, Barbèra; d'ora in poi OG.
- Galilei V., 1581, *Dialogo della musica antica et della moderna*, Firenze, Appresso Giorgio Marescotti.
- Galilei V., 1589, *Discorso intorno all'opere di messer Gioseffo Zarlino da Chioggia, et altri importanti particolari attenenti alla musica*, Firenze, Appresso Giorgio Marescotti.
- Galilei M., 1620, *Il primo libro d'intavolatura di liuto di Michelagnolo Galilei nobile fiorentino Livtista del Ser.mo Sig.r Duca Massimiliano di Baviera, Nel Quale Si Contengono Varie Sonate: Come, Toccate, Gagliarde, Correnti, Volte, Passemuzzi & Salterelli*, Monaco di Baviera.
- Gangwere B., 2004, *Music History During the Renaissance Period, 1520-1550*, Westport, Praeger.
- Godwin J. (a cura di), 1992, *The Harmony of the Spheres*, Rochester, Vermont Inner Tradition International.
- Gozza P., 1989, *Introduzione*, in *La musica nella rivoluzione scientifica del Seicento*, Bologna, Il Mulino.
- Gozza P. (a cura di), 2000, *Number to Sound. The Musical Way to the Scientific Revolution*, Dordrecht, Kluwer Academic.
- Gozza P., 2001, *La musica come scienza matematica e la sua influenza teorica sull'immaginario artistico*, in *Storia della scienza*, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana.
- Gozza P., 2002, *La musica*, in *Storia della scienza*, vol. V, *La rivoluzione scientifica*, Roma, Istituto della Enciclopedia Italiana.
- Gozza P., 2013, *Musica e scienza*, in *Il contributo italiano alla storia del pensiero*, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana.
- Greco P., 2018, *Galileo Galilei the Tuscan Artist*, Cham, Springer.
- Haar J., 1998, *The Science and Art of Renaissance Music*, Princeton, Princeton University Press.



- Heilbron J. L., 2010, *Galileo scienziato e umanista*, Torino, Einaudi.
- Hui A., Kursell J., Jackson M. W. (a cura di), 2013, *Music, Sound and the Laboratory from 1750-1980*, «Osiris», 28.
- Isacoff S., 2011, *Temperamento. Storia di un enigma musicale*, Torino, EDT.
- Kahn C. H., 2001, *Pythagoras and the Pythagoreans. A Brief History*, Indianapolis, Hackett Publishing Company.
- Ferguson K., 2011, *The Music of Pythagoras*, New York, Bloomsbury Publishing.
- Kepler J., 1619, *Harmonices mundi, Libri V*, Lincii Austriae, Sumptibus Godofredi Tampachii.
- Kircher A., 1650, *Musurgia universalis sive Ars magna consoni et dissoni*, Romae, Francesco Corbelletti.
- Kircher A., 1673, *Phonurgia nova sive Conjugium meccanico-physicum artis et naturae paranymphe phonosophia concinnatum*, Kempten, Per Rudolphum Dreherr.
- Macrobio A. T., 2007, *Commento al Sogno di Scipione*, Milano, Bompiani.
- Mancosu P., 2006, *Acoustic and Optics*, in *The Cambridge History of Science, III, Early Modern Science* (a cura di K. Park e L. Daston), Cambridge, Cambridge University Press, pp. 596-631.
- Maor E., 2018, *Music by the Numbers: From Pythagoras to Schoenberg*, Princeton, Princeton University Press.
- Marino G. B., 1605, *Baci dolci, et amorosi. Thirsi, et Filli. Canz. III*, in *Rime del Marino. Parte seconda. Madriali, et canzoni*, Parma, Stamperia Erasmo Viotti.
- Montanari G., 1678, *Discorso sopra la Tromba parlante*, Guastalla, Per Alessandro Giavazzi.
- Palisca C. V., 1992, *Was Galileo's Father an Experimental Scientist?*, in *Music and Science in the Age of Galileo* (a cura di V. Coelho), Dordrecht, Kluwer, pp. 143-152.
- Palisca C. V., 1985, *Humanism in Italian Renaissance Musical Thought*, New Haven and London, Yale University Press.
- Palisca C. V., 1989, *The Florentine Camerata. Documentary studies and translations*, New Haven-London, Yale University Press, 1989.
- Peterson M. A., 2011, *Galileo's Muse: Renaissance Mathematics and the Arts*, Cambridge Mass., Harvard University Press.
- Prins J., 2015, *Echoes of an Invisible World. Marsilio Ficino and Francesco Patrizi on Cosmic Order and Music Theory*, Leiden, Brill.
- Prins J., 2019, *Music, Philosophy, and Science*, in *The Cambridge History of Sixteenth-Century Music* (a cura di I. Fenlon e R. Wistreich), Cambridge, Cambridge University Press, pp. 439-471.
- Richards R. J., Daston L. (a cura di), 2016, *Kuhn's Structure of Scientific Revolutions at Fifty. Reflections on a Science Classic*, Chicago and London, The University of Chicago Press, pp. 133-148.

- Riedweg C., 2005, *Pythagoras. His Life, Teaching, and Influence*, Ithaca and London, Cornell University Press.
- Shapin S., 2002, *La rivoluzione scientifica*, Torino, Einaudi.
- Stephenson B., 1994, *The Music of the Heavens. Kepler's Harmonic Astronomy*, Princeton, Princeton University Press.
- Teich M., 2015, *The Scientific Revolution Revisited*, Cambridge, Open Book Publishers.
- Thompson D'Arcy W., 2013, *Crescita e forma*, Torino, Bollati Boringhieri.
- Timpanaro Cardini M. (a cura di), 2010, *Pitagorici antichi. Frammenti e testimonianze*, Milano: Bompiani.
- Tomlinson G., 1993, *Music in Renaissance Magic. Toward a Historiography of Others*, Chicago and London, The University of Chicago Press.
- Walker D. P., 1978, *Studies in Musical Science in the Late Renaissance*, London-Leiden, Brill.
- Wallin N., Merker B., Brown S. (a cura di), 2000, *The Origins of Music*, Cambridge Mass., The MIT Press.
- Zarlino G., 1558, *Le istituzioni harmoniche*, Venetia.
- Zarlino G., 1588-89, *De tutte l'opere*, Venetia.

