

Le armonie celesti e il metodo scientifico

Stefano Isola*

DOI:10.30449/AS.v8n15.135

Ricevuto 1-04-2021 Approvato 11-06-2021 Pubblicato 30-06-2021



Sunto: *Secondo una celebre immagine dell'antica cosmologia pitagorica, nota come armonia delle sfere, ciascuno degli otto cieli concentrici nel suo movimento circolare emette una nota, producendo nell'insieme un'unica armonia celeste. In età ellenistica quest'idea viene evocata da poeti e letterati, ma non ve n'è traccia nella scienza, che in quanto tale si occupa di costruire teorie per "salvare" fenomeni osservabili. Ma con il passaggio all'età imperiale, e la perdita dei principali aspetti metodologici della scienza esatta, l'idea della musica celeste come realtà fisica riprende corpo, e in particolare la convinzione che se alcune successioni di note vengono percepite come migliori di altre, ciò accade perché le relazioni numeriche tra quelle note replicano i rapporti costitutivi del moto degli astri, cioè le cose per natura più perfette. Dal punto di vista della storia delle idee, la visione metafisica totalizzante incarnata dal mito della musica celeste ha accompagnato gran parte della cultura (anche scientifica) occidentale, da Platone a Tolomeo, da Boezio a Marsilio Ficino, da Keplero a Newton, fino alla "teoria del tutto" ricercata dai fisici teorici moderni.*

Parole Chiave: armonia delle sfere, metodo scientifico, numerologia, epistemologia della musica.

Abstract: *According to a famous image of ancient Pythagorean cosmology, known as the harmony of the spheres, each of the eight concentric skies in its circular motion emits a note, producing a single celestial harmony as a whole. In the Hellenistic period this idea was evoked by poets and writers, but there is no trace of it in science, which as such is concerned with building theories to "save" observable phenomena. But with the passage to the imperial age, and the loss of the main methodological aspects of exact science, the idea of celestial music as a physical reality takes shape again, and in particular the conviction*

* Professore ordinario di Fisica Matematica presso l'Università di Camerino; stefano.isola@gmail.com

that if some succession of notes are perceived as better than others, this happens because the numerical relations between the known ones replicate the constitutive relations of the motion of the stars, that is, the most perfect things by nature. From the point of view of the history of ideas, the totalizing metaphysical vision embodied by the myth of celestial music has accompanied much of Western culture (including scientific), from Plato to Ptolemy, from Boethius to Marsilio Ficino, from Kepler to Newton, up to the "theory of everything" sought by modern theoretical physicists.

Keywords: harmony of the spheres, scientific method, numerology, epistemology of music.

Citazione: Isola S., *Le armonie celesti e il metodo scientifico*, «ArteScienza», Anno VIII, N. 15 giugno 2021, pp. 7-28, DOI:10.30449/AS.v8n15.135.

*Quando la rota, che tu sempiterni
desiderato, a sé mi fece atteso
con l'armonia che temperi e discerni
parvemi tanto, allor, del cielo acceso
de la fiamma del sol, che pioggia o fiume
non fece mai tanto disteso.*

Un'immagine famosa e suggestiva, che vorrebbe riunire in un solo quadro musica e astronomia, è quella della "musica delle sfere", cioè l'idea pre-scientifica che i pianeti producano dei suoni in virtù del loro movimento, e che tali suoni, le cui altezze sarebbero proporzionali alle velocità dei pianeti, a loro volta dipendenti dalla loro distanza dal centro del cosmo, formerebbero intervalli armonici generando una soave armonia celeste.

Alla base di tale immagine si può vedere la ricerca di un ordine, di un'armonia cosmica riflessa nella ragione umana e più in generale nella natura, una ricerca che a qualche stadio della cultura ellenica, forse impressionata dalla scoperta delle relazioni numeriche semplici tra le lunghezze delle corde vibranti associate alle note della scala naturale, si è tradotta nella curiosa associazione tra gli astri conosciuti e le corde della lira.¹

1 Strumento nella cui versione originaria, la leggendaria lira di Orfeo, le corde erano quattro, ma che successivamente Terpandro di Lesbo (VII sec. a.C.) ha portato a sette. Poi, con l'ideazione dell'ottacordo, diverranno 8, e successivamente anche 9 e 11 (Mathiesen, 1999,

Come vedremo, si tratta di un'immagine che in varia guisa ha attraversato la storia delle idee su un arco di tempo plurimillenario, dalla speculazione pitagorica, con il suo programma di liberazione dell'anima per mezzo della percezione intellettuale delle proporzioni in tutte le cose, fino alla fisica teorica moderna, che immagina di unificare tutte le forze e tutta la materia in un invisibile ed inaudibile concerto di "stringhe" oscillanti.²

Apriamo qui una breve parentesi per ricordare innanzitutto che il termine armonia, deriva dal verbo *ἀρμόζω*, che significa «congiungere», «adattare», ed ha quindi anche il significato politico di «accordo», «patto», «legge». Gli «armosti» erano funzionari amministrativi o governatori (spartani) che avevano il compito di contemperare le contrastanti esigenze della popolazione in un dato territorio. Ciò supporta l'idea generale che l'indagine razionale del mondo sia nata partendo da strumenti concettuali creati per organizzare le relazioni nello spazio politico.³

La parola armonia, nel senso di una particolare disposizione d'intervalli a formare una scala con cui accordare uno strumento o comporre un brano musicale, è attestato per la prima volta in un frammento di Laso di Ermione, un citarodo del Peloponneso che verso il 520 a.C. si trasferì ad Atene su invito del tiranno (e mecenate) Ipparco, che recita: «Io canto Demetra e Kore moglie di Klymeno, intonando il dolce inno sull'armonia eolica dal grave suono».

Sul piano estetico ed etico, se anche non abbiamo alcuna testimo-

pp. 234-283). Con le sue maggiori varianti, come la cetra, si può dire che tale strumento abbia determinato, insieme all'aulos, le principali assuefazioni sulle quali è stata costruita la teoria musicale greca. Oltre all'originaria associazione con i sette pianeti, l'eventuale ottava nota verrà associata alla sfera delle stelle fisse, e la nona alla Terra (vedi più avanti). Del resto, come osserva Boezio (*De Institutione Musica*, I 20), anche le quattro corde dell'originaria lira di Orfeo potevano essere messe in corrispondenza con i quattro elementi naturali, o con le quattro stagioni che li rappresentano: in tal modo la primavera formerebbe con l'autunno un intervallo di quarta, con l'inverno un intervallo di quinta, e con l'estate un'ottava.

2 Passando per svariati revivals, dal neoplatonismo tardo antico alle speculazioni mistiche medievali, fino alle concezioni magico-ermetiche rinascimentali, includendo anche opere di protagonisti della rinascita scientifica della prima età moderna, come *l'Harmonices Mundi* di Keplero (1619), *l'Harmonie Universelle* di Marin Mersenne (1636), *Musurgia Universalis* di Athanasius Kircher (1650).

3 Un esempio ancora più esplicito è la creazione della logica a partire dalla retorica.

nianza “sonora” dell’antica musica greca (e solo una decina di opere notate), dalle opere teoriche e filosofiche sulla musica che ci sono rimaste⁴ sappiamo che ciascuna armonia, nel senso suddetto, era collegata ad un particolare ethos, ossia un determinato “effetto”, sia psichico che fisico, sull’ascoltatore. Ad esempio, l’armonia dorica, legata in modo particolare alla lira, era considerata la più grave e la più virile, e determinava nell’animo compostezza e moderazione; l’armonia frigia, al contrario, legata al dionisiaco aulós, suscitava un ethos “entusiastico”. Più in generale, si riteneva che alcune formule sonore fossero in grado di predisporre all’apprendimento di altre discipline, altre di esercitare virtù mediche e psicoterapeutiche, e così via. Uno dei compiti o, se si preferisce, dei significati, dell’antica teoria musicale sembrava dunque quello d’indagare i modi per indurre consapevolmente particolari stati d’animo attraverso l’associazione di sentimenti con percezioni sonore. In questo senso si può intendere la classica analogia secondo la quale, come l’utilità di una dottrina medica si misura dalla sua efficacia nel guarire i pazienti, così l’utilità della musica si può misurare dalla sua capacità di produrre effetti sull’animo umano.

Tornando all’armonia delle sfere, vale osservare che se pure da alcuni accenni contenuti in opere di Platone ed Aristotele sappiamo che l’idea generale è espressa in qualche forma già nella tradizione filosofica ad essi precedente, non ve n’è traccia esplicita nei frammenti rimastici delle opere dei suoi principali esponenti. In particolare non ve n’è traccia nelle costruzioni cosmologiche e/o musicali dei principali esponenti della scuola pitagorica, come Filolao e Archita (Burkert, 1972, pp. 350-355), né tantomeno si trova inquadrata in una qualsivoglia teoria astronomica o musicale pre-ellenistica o ellenistica. Al contrario, un elemento solitamente trascurato, ma che in una certa prospettiva appare assai significativo per la storia della scienza, risiede proprio nel fatto che delle corrispondenze tanto dettagliate quanto arbitrarie tra particolari ordinamenti dei pianeti e particolari scale musicali siano rintracciabili solo in opere di autori tardi, molto posteriori alla catastrofe culturale che ha colpito il mondo mediter-

4 In particolare l’ultimo libro della *Politica* di Aristotele.

raneo a partire dalla metà del II secolo a.C., in seguito a un drastico cambio nella politica estera di Roma (Russo, 2013, 2022). Come il crollo culturale del II sec. a.C. sia stato un vero e proprio spartiacque anche ai fini della ricezione moderna dell'antica teoria musicale greca e dei suoi legami con la scienza è discusso in (Isola, 2021).

Per altro, come in ogni teoria che non si poggia sull'osservazione dei fenomeni ma solo su astrazioni aprioristiche, tali corrispondenze hanno potuto assumere le forme più diverse, e spesso inconciliabili tra loro. Varia l'ampiezza e l'ordine degli intervalli che compongono la scala cosmica, come varia l'ordine e talora il numero, da sette a nove, delle sfere celesti ammesse nel coro.

Taluni assegnano i suoni più acuti alle sfere più lontane dal centro del cosmo, altri a quelle più vicine. Inoltre, se la maggior parte degli autori credono di individuare una relazione tra le altezze dei suoni e le distanze dei pianeti che li emettono, altri, come Nicomaco di Gerasa (I sec.), evocano combinazioni in cui entrano la distanza, la velocità e le dimensioni di ciascun pianeta. Infatti, sostiene Nicomaco, come i pianeti differiscono tra loro in base all'insieme di queste caratteristiche, così i suoni differiscono tra loro in ampiezza e in altezza a causa della distanza, della velocità e del peso dei corpi che li producono con il loro movimento. Da ciò ne deriverebbe che anche i *nomi* delle note della scala sarebbero stati in origine derivati dalle caratteristiche dei pianeti a cui sono associati (Levin, 1994, cap. 3). Nella trattazione di Nicomaco riaffiora quindi la concezione statica della lingua, illustrata da Platone nel *Cratilo*, e superata in età ellenistica,⁵ secondo la quale la scelta dei nomi risaliva a mitici legislatori che li avrebbero scelti in quanto "simili" alle cose designate, riflettendone, in qualche modo imperscrutabile, la natura.

Apriamo dunque un'altra breve parentesi per ricordare quali erano questi nomi, richiamando alcuni tratti essenziali del sistema musicale greco.

Secondo quanto ci è stato trasmesso dai teorici che hanno scritto di musica dal IV sec a. C. in poi, una scala musicale era pensata come

⁵ Tra le conquiste più significative della cultura ellenistica vi furono la consapevolezza dell'evoluzione storica della lingua e il convenzionalismo linguistico. Si comprese cioè che gli uomini possono creare liberamente i termini con cui designare concetti da loro elaborati.

l'unione di due *tetracordi*, cioè due gruppi di quattro note in cui le due note estreme, la più acuta e la più grave, formavano un intervallo fisso, pari a una quarta. Il compito che si poneva ai teorici era quello di collocare all'interno di ciascun tetracordo due note "di passaggio", in modo tale da produrre una successione di note accettabile, cioè corrispondente in qualche misura alla forma degli intervalli musicali adottati dai musicisti del tempo e, possibilmente, rispettando alcuni fenomeni acustici fondamentali.⁶ Una volta stabilito il criterio con cui assegnare le note di passaggio, la giustapposizione dei due tetracordi era effettuata solitamente in forma rigidamente parallela, con le note corrispondenti distanziate da una quinta, se i tetracordi erano disgiunti (separati da un intervallo di un tono), o da una quarta se erano congiunti (con la nota più acuta del primo coincidente con la più grave del secondo). I nomi delle otto note nel sistema così organizzato non indicavano altezze dei suoni in senso assoluto, ma solo le relazioni tra di esse all'interno del sistema, riflettendo direttamente quelli delle corde della lira (o della cetra, come in figura 1).

La mese era considerata la nota caratterizzante della scala così



Fig. 1 - La cetra.

In ordine discendente:

nete ("ultima" corda), *paranete* (corda "accanto alla nete"), *trite* (terza corda), *paramese* (corda "accanto alla mese"), *mese* (corda di "mezzo"), *lychanos* (corda toccata dal dito "indice"), *parypate* (corda "vicina all'hypate"), *hypate* (corda "estrema", la più bassa, ad un intervallo di ottava dalla *nete*).

Nel caso di tetracordi congiunti, e dunque di una scala di solo sette note, la *trite* e la *paramese* sono di solito identificate.

⁶ La collocazione delle note interne a ciascun tetracordo poteva seguire tre generi di base: diatonico, cromatico e enarmonico, di cui solo i primi due sono sopravvissuti nel sistema musicale moderno; cfr. (Comotti, 1979, pp. 81-96).

costruita, quella che ne garantiva la riconoscibilità in quanto elemento di “congiunzione” tra i suoi diversi suoni (in parte analoga alla tonica del sistema moderno basato su scale maggiori e minori).⁷ Una volta stabilito lo schema di divisione dell’ottava, espandendo questo nucleo centrale con l’aggiunta di altri tre tetracordi, più una nota “aggiunta” al grave (*προσλαμβανόμενος*), attraverso tappe successive si è giunti al cosiddetto sistema completo (*σύστημα τέλειον*), un sistema che organizzava i nomi delle altezze delle note su una doppia ottava, corrispondente più o meno all’estensione della voce umana⁸ (figura 2).

Tornando ora alle associazioni musico-planetary, il compito dei te-

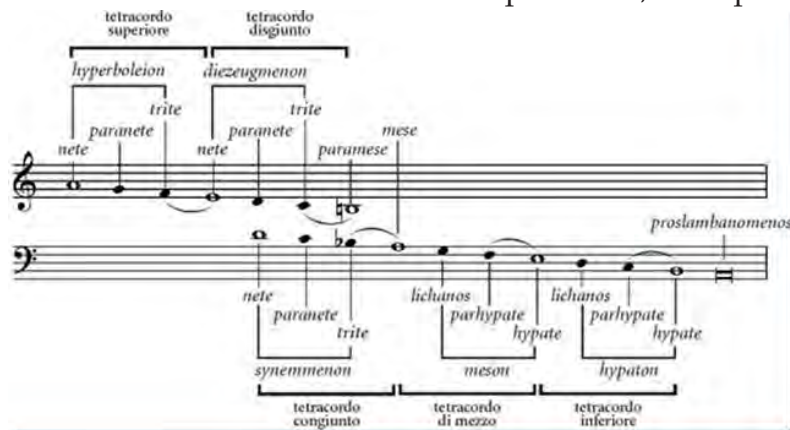


Fig. 2 - Il sistema completo.

7 Nell’etimologia di Nicomaco, cui si accennava, la parola mese sarebbe stata derivata dalla collocazione “centrale” del Sole, in quarta posizione a partire da entrambe le estremità, Luna e Saturno, sebbene tale ordinamento planetario fosse stato adottato storicamente solo in età ellenistica.

8 Come già accennato, il sistema completo è costruito solo su altezze relative, ovvero su intervalli. L’altezza assoluta su cui conviene fissare tali intervalli era oggetto della teoria dei *tonoi*, o *tropoi*, ovvero scale assolute ottenute traslando rigidamente l’intero sistema verso l’acuto o verso il grave in modo che la scala centrale cada nella regione intermedia dell’estensione vocale di chi lo utilizzava. Il sistema completo può dunque essere colto da una duplice prospettiva: una prospettiva “dinamica”, quella dei *tonoi*, in cui vi è spostamento della *nete*, *mese* e *hypate*, e una prospettiva “tetica”, quella delle specie di ottava, o modi, corrispondenti all’ottava centrale di ciascun *tonos*, da cui gli stessi *tonoi* prendono anche il nome: misolidio, lidio, frigio, dorico, ipolidio, ipofrigio, ipodorico. Infine, una costruzione rigorosa del sistema completo a partire dagli intervalli canonici di riferimento è abbozzata nella *Sectio Canonis* euclidea.

orici e compendiatori di età imperiale era quello di associare, in qualche maniera, un'opportuna porzione dello schema d'intervalli appena descritto con un opportuno ordinamento dei corpi celesti.

Quanto a quest'ultimo, l'ordine individuato da Filolao, che come vedremo si ritrova anche in Platone, comprende la sfera delle stelle fisse, sotto la quale ruotano i cinque pianeti, sotto di questi il Sole, quindi la Luna, e infine la Terra.⁹ Tuttavia, in età ellenistica, e in particolare nel contesto della tradizione stoica, tale ordinamento è stato rivisto e il Sole collocato in posizione centrale, come il fulcro di una bilancia in equilibrio tra i pianeti "esterni", Saturno, Giove e Marte, e quelli "interni", Venere, Mercurio e Luna. Così l'ordine dei pianeti da far corrispondere alle note di una scala, che diverrà canonico per tutta la tarda antichità e fino al Rinascimento, è quello trasmessoci, tra tanti, da Censorino (*De die natali*, 13):¹⁰ Terra, Luna, Mercurio, Venere, Sole, Giove, Saturno, Zodiaco.¹¹

Quanto alle possibili scale sideree proposte dai vari autori nei vari contesti, il loro esame sarebbe assai interessante, non tanto per immaginarsi un udibile concerto celeste, ma per almeno altre due ragioni. Innanzitutto, sul piano della storia dell'astronomia, per il loro legame con le idee relative alle posizioni relative, le distanze e le dimensioni degli astri, un tema per altro già discusso in letteratura (Tannery, 1893, pp. 323-336), (Dreyer, 1906, pp. 148-151), (Heath, 1913,

9 O meglio il sistema Terra/Antiterra ruotante attorno a un "fuoco" centrale; cfr. AËT. II 7,7 (in *I Presocratici. Testimonianze e Frammenti*, Laterza, 1975, vol. 1, p. 460).

10 I due ordinamenti verranno descritti, e spesso confusi, da vari altri autori di età imperiale, rispettivamente come ordinamento «egiziano» (Sole in seconda posizione), adottato da Platone, e ordinamento «caldeo» (Sole in quarta posizione), adottato tra gli altri da Ipparco, Gemino, Cleomede e Tolomeo, nonché da vari commentatori, come Cicerone. Il confronto tra i due ordinamenti è discusso ad esempio da Macrobio (V sec.) nel suo *Commento al "Sogno di Scipione"*, (I, 19). In generale, mentre la disposizione dei pianeti esterni è facile da stabilire con l'osservazione dei loro periodi di rivoluzione, e vi era un consenso generale sulla vicinanza della Luna, Mercurio e Venere creavano maggiori problemi in quanto i loro periodi di rivoluzione sono abbastanza vicini a quello apparente del Sole. Ricordiamo che, ancor prima dell'ipotesi eliocentrica di Aristarco di Samo (III sec. a. C.), attestata da Archimede, alcuni passi di Vitruvio, Teone di Smirne, Calcidio e Marziano Capella attribuiscono ad Eraclide Pontico (IV sec. a. C.) un modello semi-eliocentrico in cui i due pianeti erano satelliti del Sole.

11 Dove la prima e l'ultima sfera potevano a loro volta far parte o meno del coro celeste, comprendendo dunque scale di sette, otto o nove note.

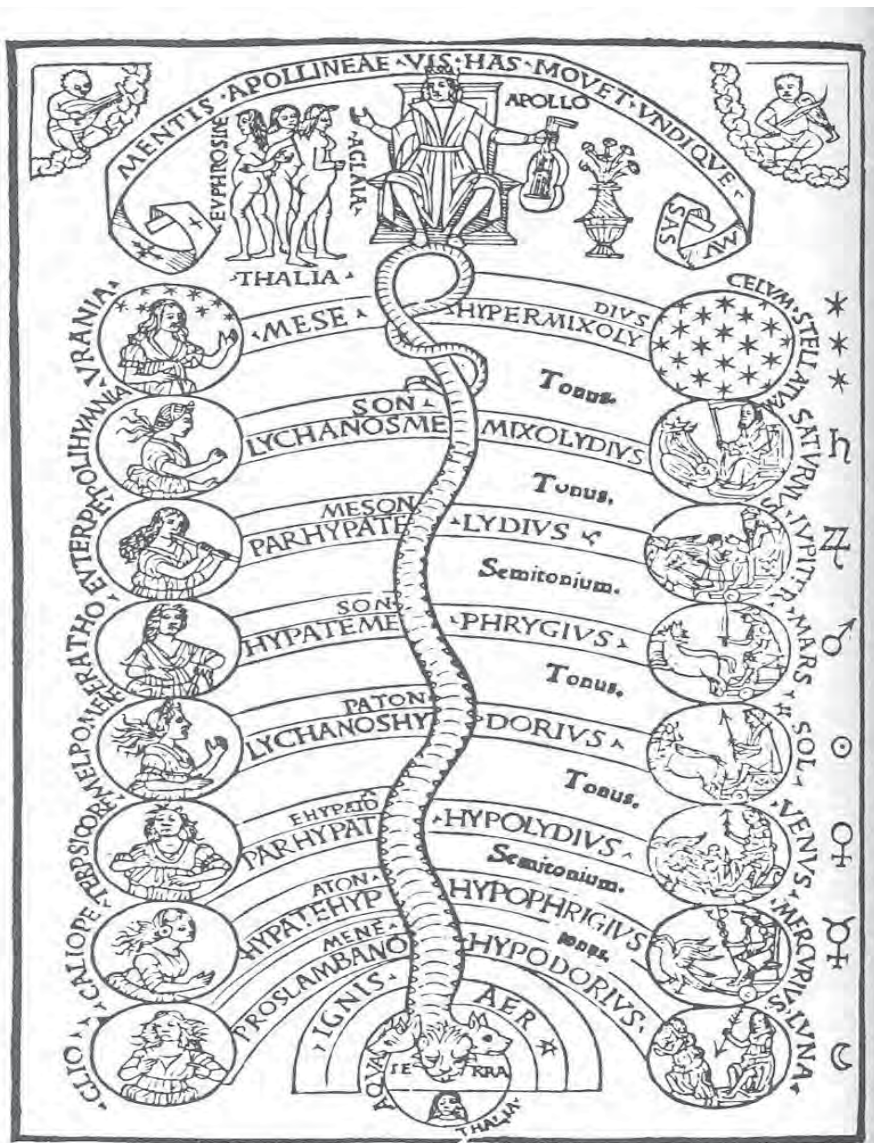


Fig. 3 - Incisione di Franchino Gaffurio (*Practica musicae*, 1496) che raffigura Apollo, le nove Muse e le nove sfere: quella delle stelle fisse, le sette sfere planetarie e quella immobile della Terra, con i loro rapporti musicali. Le note formano l'ottava più grave del sistema completo, dalla mese alla proslambanòmenos, composta da due tetracordi congiunti nel genere diatonico del modo dorico (come nella figura 2).

v. 1, cap. 12). In secondo luogo, sul piano della storia della musica, per rendersi conto di quali scale musicali, nei diversi momenti storici, hanno raggiunto un favore tale da meritare di essere proiettate finanche nello spazio cosmico.¹² Rinviando ulteriori valutazioni su questi aspetti ad altra occasione, vorrei qui provare a discutere in che modo la presenza di un tema come l'armonia delle sfere nella storia delle idee possa aiutare a gettar luce su alcuni aspetti epistemologici che hanno accompagnato la storia della scienza.

Innanzitutto, l'origine della fortuna millenaria delle armonie celesti si trova senza alcun dubbio in Platone, che ne parla in almeno due opere, *Timeo* e *La Repubblica*. Nel *Timeo* egli delinea una cosmologia in cui il tramite tra il mondo delle forme intelligibili e quello della realtà fenomenica è svolto dall'*Anima del mondo*, un modello del *kosmos* forgiato dall'artefice divino sulla base di principi armonici. Tuttavia, sebbene in tale costruzione i rapporti tra le distanze dei pianeti dalla Terra seguono una doppia progressione numerica, composta dalle potenze di 2 e di 3 intercalate: 1, 2, 3, 4, 9, 8, 27, Platone non vi associa alcuna scala musicale.¹³

Nel decimo libro della *Repubblica*, Platone narra un mito di origine pitagorica, in cui un soldato di nome Er, vive una sorta di esperienza di premorte e, tornato dall'aldilà, racconta come è fatto il mondo delle anime. Tra le altre cose, descrive il fuso di *Ananke*, la

12 Uno classico studio assai interessante in questa direzione è (Reinach, 1900).

13 Vari tentativi furono fatti da neoplatonici posteriori, come descritto da Macrobio nel *Commento al "Sogno di Scipione"* (II, 2,18; II, 3, 14). Del resto, si possono immaginare diversi modi per usare la progressione platonica come nucleo di uno schema generatore d'intervalli musicali consonanti. Si può ad esempio costruire un diagramma partendo dalla progressione delle potenze di 2 e scrivendo sotto ciascun termine di essa, a partire dal secondo, la somma dell'elemento corrispondente sulla riga superiore con quello ad esso immediatamente precedente, iterando poi la procedura a formare progressioni successive:

| | | | | | | |
|---|---|---|----|----|-----|-----|
| 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 | ... |
| | 3 | 6 | 12 | 24 | 48 | ... |
| | | 9 | 18 | 36 | 72 | ... |
| | | | 27 | 54 | 108 | ... |

Si noterà che ciascun elemento sta con i suoi primi vicini in rapporti costanti: doppio (direzione orizzontale), triplo (diagonale discendente), sesquialtero (verticale), sesquiterzo (diagonale ascendente).

divinità che rappresenta la necessità o l'ineluttabilità del destino, il cui fusaiolo (il contrappeso che mantiene il fuso a piombo) è composto come una sorta di planetario, con otto spole colorate e ruotanti incastrate l'una dentro l'altra, le quali rappresentano gli otto cieli concentrici della cosmologia pitagorica.

Su ciascuna di tali spole ruotanti, «stava una sirena che, trascinata in quel movimento circolare, emetteva un'unica nota su un unico tono; e tutte otto le note creavano un'unica armonia (σκπασών δέ, ὄχτω ὁσῶν, μίαν ἀρμονίαν ζυμφωνεῖν)» (Platone, *Resp.*, X, 617 b).

Di nuovo, non è specificato qual genere di armonia risultasse da tali suoni. Senza neppure accennare alle tante discussioni suscitate dall'interpretazione di questo mito, ricordiamo soltanto che Aristotele ne discute nel *De caelo* (II, 9), e pur ritenendola un'idea "mirabile ed ingegnosa", ne nega la veridicità su basi "fisiche". In particolare, contesta l'affermazione, attribuita ai "pitagorici", secondo la quale tali suoni armonici non sarebbero uditi da nessuno a causa dell'abitudine a sentirli fin dalla nascita, con il fatto che un movimento proprio (cioè non vincolato a sfere rigide ed isolate) di corpi così grandi che fendono una massa d'aria produrrebbe un rumore così assordante da fracassare tutto, inclusi i nostri timpani.

Ma tornando a Platone e alla sua *Repubblica*, nel settimo libro egli afferma che l'educazione dei legislatori dello Stato ideale, preliminarmente allo studio della dialettica, doveva comprendere lo studio di aritmetica, geometria, astronomia e musica – cioè le quattro discipline che avrebbero formato il *quadrivium* medievale.¹⁴ In particolare, Platone fa dire a Socrate che «come gli occhi sono conformati per l'astronomia, così le orecchie lo sono per il moto armonico», convenendo così con l'idea pitagorica che musica e astronomia sono "scienze per così dire sorelle" (Platone, *Resp.* VII, 530 d).

In che senso astronomia e musica sono scienze sorelle?

A tutta prima: l'astronomia quale scienza dei movimenti dei corpi

¹⁴ Le quali, insieme a grammatica, retorica e dialettica, formavano le sette arti liberali che il monaco doveva preliminarmente conoscere per potersi dedicare all'attività che gli competeva, ovvero allo studio e all'esegesi della Sacra Scrittura. Le discipline del quadrivium dovevano occuparsi rispettivamente delle quantità per se stesse (aritmetica), delle quantità nelle loro reciproche relazioni e con altro da sé (musica), delle grandezze immobili (geometria) e delle grandezze in movimento (astronomia).

celesti, percepibili con la vista, la musica quale scienza dei movimenti armonici, percepibili con l'udito. Dunque, si potrebbe pensare, sono scienze sorelle perché studiano fenomeni le cui caratteristiche li rendono descrivibili con metodi simili.

Platone prende tuttavia una strada diversa. Per lui la "sorellanza" significa non tanto comunanza di metodi, quanto unità di obiettivo conoscitivo: entrambe dovrebbero aspirare all'intellezione dell'armonia nel cosmo e della musica in esso. E questa, a sua volta, la si può comprendere solo se si è prima divenuti conoscitori dell'"armonia dei numeri".

Tali discipline devono quindi prescindere da ciò che appare ai sensi (*τα φαινόμενα*) per rivolgersi all'essere in sé, che si trova nell'iperuranio, il mondo delle pure idee. E Platone, dopo aver ironizzato nei confronti degli astronomi suoi contemporanei impegnati a descrivere i moti osservabili dei corpi celesti, parlando dei teorici della musica dice: «E lasciamo dunque da parte quella brava gente che tormenta le corde stirandole sui pioli per trovare accordi [...] essi si comportano esattamente come gli astronomi: cercano sì nelle armonie che si sentono con l'orecchio la legge matematica, ma non si elevano ai veri problemi dell'armonia, che consistono nel vedere quali sono i numeri armonici, e perché sono tali» (Platone, *Resp.* VII, 531, c.)

Tali numeri armonici sarebbero quindi le entità iperuraniche alla cui contemplazione dovrebbe dedicarsi la mente del filosofo, prescindendo del tutto dai fenomeni sensoriali. Apriamo a questo punto un'altra parentesi: chi era quella "brava gente" che tormentava le corde sui pioli per trarne suoni consonanti? Erano gli studiosi di armonica (come Pitagora, Laso di Ermione, Ippaso di Metaponto, Filolao, Archita, Eudosso, etc.) alcuni dei quali, secondo varie testimonianze, effettuarono i primi veri e propri esperimenti di acustica con corde tese, tubi sonori, dischi metallici, vasi parzialmente riempiti d'acqua, etc.¹⁵

15 Alcuni di questi esperimenti acustici sono descritti da Teone di Smirne, autore in epoca adrianea di un'opera intitolata *Esposizione delle conoscenze matematiche utili alla lettura di Platone* (59, 7-15). Tuttavia, nella gran parte delle fonti di età imperiale, la loro descrizione viene stilizzata in un singolo leggendario episodio, in cui Pitagora passando per caso presso l'officina di un fabbro e ascoltando i suoni consonanti e dissonanti prodotti dai martelli degli operai avrebbe compreso le relazioni numeriche intercorrenti tra i pesi dei martelli stessi



Fig. 4 - L'origine della musica, incisione di Franchino Gaffurio (*Theorica musicae*, 1492). Oltre a Pitagora, vi sono riportati Filolao (ca 470 - ca 390 a.C.), pitagorico di seconda generazione, e Jubal, un personaggio di cui si dice in *Genesi* (4:21): «fu padre dei musici di cetra e di organo», e suo fratellastro Tubal-cain era «lavoratore al martello, artefice in ogni genere di lavoro in bronzo ed in ferro». Alcuni teorici medioevali (tra cui Tertulliano, Agostino e Isidoro di Siviglia), ostili all'idea che la cultura cristiana europea avesse importanti ascendenze in quella greca, videro in queste frasi la possibilità di attribuire a Jubal, e non a Pitagora, la storia dei fabbri e la scoperta dei rapporti consonantici.

Da parte di questi autori, e in particolar modo nel circolo di Archita (IV sec. a.C), furono chiariti svariati aspetti della natura del suono come vibrazione (Huffman, 2005): individuando la relazione secondo la quale l'altezza dei suoni è proporzionale al numero delle vibrazioni e inversamente proporzionale alla lunghezza della corda vibrante, la spiegazione del fenomeno della consonanza in termini di coincidenze degli impulsi, e formulando quella che si può forse considerare il primo esempio di "legge naturale" espressa con l'ausilio di rapporti numerici, cui abbiamo già accennato in apertura: «se due corpi risonanti, ad esempio due corde tese, hanno dimensioni che stanno tra loro in rapporti semplici ed ogni altro aspetto è mantenuto invariato, allora risuonando insieme produrranno un intervallo musicale che verrà giudicato dall'orecchio come consonante».

In tal modo furono individuati quegli intervalli musicali fondamentali, come l'ottava, la quinta e la quarta, per mezzo dei quali vengono costruite alcune tra le principali scale utilizzate nella musica occidentale. Vale osservare come tale "legge" non riguardi proprietà

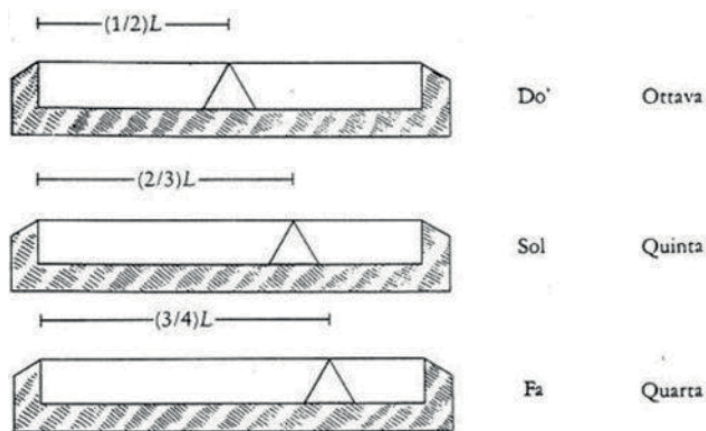


Fig. 5 - I principali intervalli armonici sul canone monocordo.

e le altezze delle note generate, e le avrebbe poi successivamente riprodotte con corde tese poste in vibrazione. Questa storia è narrata ad esempio da Nicomaco (Levin (cur.) 1994, pp. 83-85); Giamblico (Romano (cur.), 2012, pp. 166-173); Macrobio (*Commento al Sogno di Scipione*, II.1.8); Boezio (*De Institutione Musica*, I.10-11). Più in generale, sulle fonti testuali e i problemi storiografici associati a queste sperimentazioni "pitagoriche" cfr. (Cincaglini, 1991), e (Comotti, 1991).

del mondo naturale inteso come entità indipendente dall'uomo che lo osserva, ma è piuttosto un'affermazione sulle proprietà di un fenomeno risultante dall'interazione tra uomo che osserva e fatti osservati. Proprio in questo senso, nel corso del III a.C., la scienza armonica, dotandosi anche di uno specifico apparato sperimentale, detto canone monocordo (Creese, 2010), è entrata a far parte dell'insieme delle scienze esatte, cioè di quelle discipline che partendo da certi fenomeni d'interesse cercano di costruire modelli teorici in grado di "salvarli" (*φαινόμενα σώζειν*), cioè di riprodurre le caratteristiche salienti come conseguenze dedotte da certe assunzioni di partenza (Russo, 2010, 2015). In questo contesto la funzione conoscitiva della scienza armonica consisteva prevalentemente nella modellizzazione del rapporto tra certi fatti sonori e certe sensazioni uditive, allo scopo di produrre schemi di intervalli consonanti possibilmente adottabili nella costruzione e nell'accordatura degli strumenti musicali, come nella teoria esposta nella *Sectio Canonis* attribuita ad Euclide. Si trattava dunque di mire meno ambiziose ma con la possibilità di occuparsi in modo coerente di fenomeni osservabili, o meglio udibili, per mezzo del metodo dimostrativo.

Detto altrimenti, nonostante il rimprovero platonico, il collegamento metodologico tra musica e astronomia divenne poi costitutivo dell'antica "matematica" (*τα μαθηματικά*, tutto ciò che deve essere studiato) la quale, oltre alla geometria, l'aritmetica, la teoria musicale e l'astronomia, in età ellenistica avrebbe incorporato anche altre discipline, come l'ottica, la meccanica, la pneumatica e l'idrostatica, cioè discipline che oggi consideriamo parti della "fisica" (Isola, 2016). La "sorellanza" tra tutte queste discipline consisteva dunque non nella somiglianza tra i fenomeni studiati, ma nell'adozione dello stesso metodo per studiarli, che le accumulava tutte come parti della "matematica". E in questo contesto non c'è, ovviamente, alcuna traccia dell'armonia delle sfere.¹⁶

Tuttavia, come abbiamo già in parte accennato, dopo il crollo culturale del II sec. a.C., e in particolare in età imperiale, con la perdita dei principali aspetti metodologici della scienza ellenistica, in un con-

16 Anche se il tema continua ad essere utilizzato per componenti poetici, come i poemi didascalici sull'astronomia di Eratostene e di Arato.

testo culturale permeato di irrazionalismo, di fatalismo astrologico e di numerologia di stampo neo-platonico, anche l'idea della musica celeste come realtà fisica (sia pure inaudibile) riprende corpo,¹⁷ e in particolare la convinzione che se alcune successioni di note vengono percepite come migliori di altre, ciò accade perché le relazioni numeriche tra quelle note replicano i rapporti costitutivi del moto degli astri, così come quelli della struttura dell'anima umana, cioè le cose per natura più perfette.¹⁸ Quest'idea, oltre ad essere riportata da vari compendiatori "generalisti" latini, come Plinio, Censorino e Marziano Capella, andò a formare la base concettuale del nuovo genere della *musica speculativa* (contrapposta alla *musica practica*) ed entrò nei principali trattati di scienza armonica in lingua greca di quel tempo, come quelli di Claudio Tolomeo,¹⁹ Nicomaco di Gerasa, Aristide Quintiliano e Porfirio di Tiro, per essere poi canonizzata e trasmessa al medioevo latino dagli autori come Boezio, Cassiodoro, Isidoro di Siviglia. Dopo il mito di Er narrato da Platone, un altro celebre "sogno" che ha contribuito alla fortuna millenaria della musica celeste, o musica mundana, come l'ha ribattezzata Boezio, è quello narrato da Cicerone, in cui Scipione Emiliano (il distruttore di Cartagine) dialogando con il defunto nonno adottivo, Scipione l'Africano, ha una visione delle sfere celesti, e dice (Cicerone, *De republica* VI, 18-19):

17 La profonda frattura culturale che separa il primo ellenismo dall'età imperiale, e la scienza esatta dalla filosofia neoplatonica, è quasi sempre ignorata, non solo dagli storici della scienza ma anche dagli storici della musica antica, a vantaggio di una generica "civiltà classica" sostanzialmente omogenea.

18 Si può dire che per certi aspetti quest'idea fa il paio con quella di "sfera delle stelle fisse", secondo la quale il moto rotatorio delle stelle attorno a un punto fisso (il polo celeste) è dovuto al fatto che queste sono incastonate in una calotta sferica rigida e ruotante. Entrata in crisi con l'ipotesi della rotazione terrestre - avanzata da Eraclide Pontico -, divenne un comodo artificio matematico utile agli astronomi fintanto che delle stelle fosse possibile conoscere solo la direzione in cui erano viste ma non le loro distanze. Ma in età imperiale riacquisisce tutta la sua materialità, e come tale viene trasmessa all'età moderna.

19 Nel terzo libro del suo trattato sull'Armonica, Tolomeo, dopo aver confrontato varie funzioni armoniche con altrettanti aspetti dell'animo umano, equipara il circolo zodiacale a una corda vibrante e in questo modo confronta gli aspetti astrologici (rapporti angolari tra i corpi celesti ritenuti in grado di modificare la loro influenza) con le consonanze musicali, sostenendo che da ciò deriverebbe l'efficacia di queste ultime sull'animo umano.

“Che cos’è? Che suono è questo, così intenso e così dolce, che riempie le mie orecchie?” Egli rispose: “È quello prodotto dall’impulso che muove le sfere, che congiunge intervalli diseguali, ma tuttavia distinti razionalmente secondo proporzioni definite e, armonizzando i suoni acuti con quelli gravi, produce accordi regolarmente variati. Movimenti tanto ampi, infatti, non possono compiersi in silenzio e la natura comporta che le estremità da una parte producono suoni gravi, dall’altra suoni acuti. Per questo motivo quella sfera del cielo stellato che è la più alta, la cui rivoluzione è più veloce, si muove con un suono acuto e vibrante, mentre questa della Luna, che è la più bassa, si muove con un suono più grave; infatti la Terra, come nona, rimanendo immobile, sta sempre ferma nella medesima posizione, al centro dell’universo”.

E sarà, tra gli altri, proprio nel già citato *Commento al Sogno di Scipione* di Macrobio, che si confeziona la connessione favolistica tra l’armonia delle sfere e gli antichi esperimenti di acustica, per mezzo della storiella di Pitagora e l’officina dei fabbri (Macrobio, *Commento*, cit. II.1.8):

[Pitagora fu] il primo di tutti gli uomini di stirpe greca che [...] capì che dalle sfere proveniva un suono composito, a causa della necessità della ragione che non fa mai difetto alle cose celesti. Ma non gli fu facile scoprire quale fosse la natura di questa ragione e in che modo potesse essere osservata; dopo essersi invano affaticato in lunghe e profonde meditazioni su un argomento di tal mole e così arcano, un caso fortunato gli offrì ciò che fino allora si era negato alle sue ostinate ricerche. Passava per caso davanti ad una forgia all’aperto in cui gli operai erano occupati a battere un ferro incandescente per renderlo malleabile, quando improvvisamente le sue orecchie furono colpite dai suoni dei martelli, che rispondevano a un certo ordine ... [prosegue con una dettagliata descrizione delle osservazioni di Pitagora nell’officina, nonché di alcuni esperimenti di acustica da lui stesso riprodotti].

Ed è così che gli esiti delle antiche indagini acustico-musicali vengono trasmessi come appendici fossilizzate dell’idea metafisica dell’armonia celeste.²⁰ E infatti, quando nel Rinascimento la scienza

²⁰ Quanto fossero fossilizzati, già alla fine del mondo antico, gli strumenti concettuali originariamente operanti nei modelli acustico-musicali, appare manifesto osservando che Macrobio, nel suo *Commento*, riporta fedelmente i rapporti delle consonanze fondamentali,

armonica riprende vita, umanisti e scienziati riconsiderano gli antichi esperimenti di acustica proprio a partire dalla storiella dei fabbri, prendendola per così dire alla lettera. Ne nasce un intenso dibattito sull'origine e il significato dei "numeri sonori", che occupa tra gli altri, Gioseffo Zarlino e Vincenzo Galilei (il padre di Galileo), opposti da un'aperta e aspra polemica,²¹ e in seguito, in una forma di silente opposizione, Galileo e Keplero. Senza entrare in un esame di questi dibattiti, possiamo dire che, come per altri campi della scienza, anche per l'acustica e la teoria musicale, ciò che s'innesca in questo processo di rinascita non è la creazione *ex-nihilo* di una nuova visione delle cose e di un nuovo metodo d'indagine, che avrebbe sostituito un "complesso agglomerato di mito, dogmi scolastici, misticismo e numerologia" ereditato da una generica "antichità", come vorrebbe una vulgata storiografica ancora oggi assai tenace,²² quanto piuttosto un percorso che per molti aspetti procede a ritroso: dalla metafora al modello-esperimento, tornando così progressivamente a ricucire il legame tra i fenomeni generati dai "corpi sonori" (corde vibranti, vasi, etc.) e i "numeri sonori" che ne descrivono le caratteristiche sul piano teorico. Anche le scale musicali tornano ad essere costruzioni liberamente scelte (pur sulla base di alcuni fenomeni acustici fondamentali selezionati in base alle esigenze artistiche) e non più eterne prescrizioni scritte nel cosmo.²³

ma non capisce neppure che si tratta di rapporti (e infatti li chiama "numeri"): afferma ad esempio che 9:8 (che rappresenta il tono) non si può dividere in parti uguali perché 9 non è divisibile per 2 per mezzo di interi, cioè non è un numero pari.

21 Nell'opposizione tra i due musicisti Gioseffo Zarlino (1517-1590) e Vincenzo Galilei (1525-1591), alla «ben'ordinata Natura» di Zarlino, «che sussurra all'orecchio dell'uomo le consonanze nelle lor vere forme naturali, e ha voluto che cotali forme si trovassero, come registrate nelle cose naturali, a perpetua memoria, collocate per ordine, secondo i gradi loro ne i loro proprii luoghi; accioche l'huomo conoscesse, che non fussero state fatte a caso; ma ordinate con gran sapientia e non senza gran misterio» (*Sopplimenti musicali*, 1588, p. 97), Vincenzo oppone l'immagine di una Natura che procede *sine cognitione* e contro la quale l'uomo si avvale dell'arte meccanica per conseguire fini propri. Si impone, dunque, un nuovo modello di razionalità, che attribuisce al movimento e alla materia un primato ontologico sul numero e la forma, e diventa la premessa alla scienza galileiana e moderna.

22 Si veda ad esempio il contributo di Claude V. Palisca in (Gozza, 1989), oppure (Drake, 1970), nonché i contributi di entrambi in (Coelho, 1992).

23 Alcuni aspetti di questo tema sono sviluppati in (Isola, 2020).

Nel quadro della storia della scienza, quindi, la musica delle sfere ci interessa soprattutto perché è stata un tramite attraverso il quale alcuni concetti dell'antica scienza armonica, seppure totalmente avulsi dal loro contesto, sono stati trasmessi all'età moderna.

Per altro, il sapere degli umanisti e degli scienziati della prima età moderna era configurabile come una sorta di "enciclopedia circolare", al centro della quale, come una musa armonizzatrice, si trovava la musica. È impressionante rilevare fino a che punto l'interesse per la teoria e la pratica musicale investisse la gran parte dei protagonisti della rinascita culturale della prima età moderna.²⁴ E si trattava di un contesto assai variegato (Walker, 1978): se, da una parte, alcuni musicisti e studiosi, come Mei e Galilei, spingevano verso una riforma musicale in senso umanistico, in cui i "miracolosi effetti" della musica sull'animo umano andassero riprodotti per mezzo di un ritrovato accordo tra melodia e testo cantato, dall'altra anche il legame tra il pensiero musicale e l'idea di un'armonia cosmica si rivitalizza, differenziandosi a sua volta in forme tra loro diverse e talora contrastanti. Da una parte permane il programma ispirato alla tradizione pitagorica, in cui la musica svolge un ruolo centrale nella dialettica tra microcosmo e macrocosmo. Dall'altra vi sono posizioni, come quella di Marsilio Ficino, con radici nella tradizione magico-ermetica, che cercano corrispondenze direttamente operanti nella realtà attraverso presunte influenze astrologiche, in cui il soggetto non svolge alcun ruolo.²⁵ In quali forme queste diverse attitudini abbiano influenzato gli sviluppi successivi della storia delle idee, incluse quelle scientifiche, è tema di grande interesse, che va ben oltre gli obiettivi di questo scritto.

24 Se ne occuparono non solo umanisti, come Marsilio Ficino, Franchino Gaffurio, Nicola Vicentino, Gioseffo Zarlino, Giambattista Doni, Gerolamo Mei, Vincenzo Galilei, ma anche scienziati, come Fracastoro, Cardano, Benedetti, Galileo Galilei, Mersenne, Kircher, Keplero, Cartesio, Beeckman, Stevino, Huyghens, Hook, Leibniz, Wallis, e altri ancora. Poi, già a partire dall'età dei Lumi, il ruolo della musica nella scienza iniziò a divenire sempre più marginale, pur con qualche notevole eccezione, come Eulero.

25 Ciò consente anche di distinguere tra uno scienziato come Giovanni Keplero (1571-1630), le cui idee sull'armonia cosmica, per quanto ancorate a una metafisica pitagorico-platonica, erano incompatibili con il punto di vista di una descrizione magico-alchimistica della natura, e un noto rappresentante di quest'ultimo, come il filosofo esoterico Robert Fludd (1574-1637). Sappiamo che i due furono protagonisti di un'accesa disputa sul significato delle immagini archetipiche e sul loro legame con l'esperienza sensibile (Pauli, 2006, pp. 57-150).

Limitiamoci ad osservare che se, da una parte, con l'affermarsi della modernità, la musica, e con essa la teoria musicale, hanno cessato di svolgere il ruolo di centro armonizzatore di una cultura unitaria, divenendo progressivamente parti ancillari nel sistema delle "belle arti", dall'altra, alcune componenti dell'immagine dell'armonia celeste hanno continuato ad operare in profondità, anche in ambito scientifico. Può essere ad esempio istruttivo leggere quello che scrive Brian Greene, cultore di una branca della fisica teorica contemporanea nota come teoria delle superstringhe, in un'esposizione divulgativa della sua disciplina (Greene, 2000, p.117):²⁶

La musica è da sempre una ricca fonte di metafore per chi medita sui misteri del cosmo. Dalla "musica delle sfere" dei pitagorici all'"armonia della natura", spesso invocata nei secoli, l'uomo ha continuato a cercare la melodia del mondo nei moti regolari dei corpi celesti come nelle violente manifestazioni del mondo subatomico. Con le superstringhe, la metafora diventa straordinariamente vera: secondo questa teoria, il mondo microscopico è pieno di piccole corde di violino, i cui modi di vibrazione orchestrano l'evoluzione del mondo. I venti del cambiamento in questo scenario spirano in un mondo soffuso di melodie.

Ecco dunque che un costrutto concettuale sostanzialmente privo di rapporti con i fenomeni osservabili, ma che, cionondimeno (e forse proprio per questo), si candida a "teoria del tutto" - con l'obiettivo d'interpretare la natura ultima del mondo non in termini d'interazioni tra particelle puntiformi prive di struttura, ma piuttosto di vibrazioni di corde sottilissime che vivrebbero in dimensioni inaccessibili dello spazio-tempo - renderebbe "straordinariamente vera" la metafora della musica delle sfere, ovvero una delle idee portanti di quel "complesso agglomerato di mito, dogmi scolastici, misticismo e numerologia" che la progressiva ricostruzione del metodo scientifico operata all'inizio dell'età moderna aveva ritenuto di esaurire.

26 Sullo stesso tema vedi anche (Lachièze-Rey, Luminet, 1998).

Bibliografia

BURKERT W. (1972). *Lore and Science in Ancient Pythagoreanism*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

CIANCAGLINI C. A. (1991). Le teorie acustiche dei Greci. *Rend. Mor. Acc. Lincei* n. 9, v. 21, parte I. pp. 47-77, parte II. pp. 149-177, 1991.

COELHO V. (cur.) (1992). *Music and Science in the Age of Galileo*. Kluwer Academic Publishers.

COMOTTI G. (1979). *La musica nella cultura greca e romana*. E.D.T., nuova ed. ampliata e riveduta.

COMOTTI G. (1991). Pitagora, Ippaso, Laso e il metodo sperimentale. *Harmonia Mundi: Musica e filosofia nell'antichità*, RW Wallace, B MacLachlan (a cura di), Biblioteca di Quaderni urbinati di cultura classica 5, Roma.

CREESE D. (2010). *The Monochord in Ancient Greek Harmonic Science*. Cambridge: University Press.

DRAKE S. (1970). Renaissance music and experimental science. *Journal of the History of Ideas* 31, No. 4, 483-500.

DREYER J. L. E. (1906). *History of the Planetary Systems from Thales to Kepler*. Cambridge: University Press. Edizione italiana: *Storia dell'astronomia*, Bologna: Il Mulino, 2016.

GOZZA P. (cur.) (1989). *La musica nella Rivoluzione Scientifica del Seicento*. Bologna: Il Mulino.

GREENE B. (2000). *L'universo elegante. Superstringhe, dimensioni nascoste e la ricerca della teoria ultima*. Torino: Einaudi.

HEATH T. L. (1913). *Aristarchus of Samos: the Ancient Copernicus* (1913). Oxford University Press Reprints.

HUFFMAN C. (2005). *Archytas of Tarentum: Pythagorean, Philosopher and Mathematician King*. Cambridge: University Press.

ISOLA S. (2016). Mathematics and physics in the science of harmonics. *Mathematics and Mechanics of Complex Systems*, vol. 4, n. 3-4, 213-234.

ISOLA S. (2020). Musica, scienza e seconda natura. *Lexicon Philosophicum* 8, 335-344.

ISOLA S. (2021). L'antica acustica musicale e la Sectio Canonis: quello che resta di un prodotto della scienza ellenistica. *Memorie e Rendiconti di Chimica, Fisica, Matematica e Scienze naturali*, Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL, VI serie, Vol 2, fascicolo 1.

LACHIÈZE-REY M. and LUMINET J.-P. (1998). La musique des sphères. *Pour la Science* (edizione francese di Scientific American), novembre 1998.

LEVIN F. R. (cur.) (1994). *Nicomaco, The Manual of Harmonics*, Phanes Press, Grand Rapids.

MATHIESEN Th. J. (1999). *Apollo's Lyre. Greek Music and Music Theory in Antiquity and the Middle Ages*. Lincoln-London, University of Nebraska Press.

PAULI W. (2006). *Psiche e natura*. Milano: Adelphi, 2006.

REINACH T. (1900). La musique des sphères. *Revue des Études Grecques*, tome 13, fascicule 55, pp. 432-449.

ROMANO F. (cur.) (2012). *Summa Pitagorica*. Milano: Bompiani.

RUSSO L. (2010). *La rivoluzione dimenticata*. Milano: Feltrinelli, VI ed.

RUSSO L. (2013). *L'America dimenticata*. Milano: Mondadori Università, II ed.

RUSSO L. (2015). *Stelle, atomi e velieri*. Milano: Mondadori.

RUSSO L. (2022). *Il tracollo culturale. La conquista romana del mediterraneo: 146-145 a.C.*, Carocci, in corso di stampa.

TANNERY P. (1893), *Recherches sur l'histoire astronomie ancienne*. Paris: Gauthier-Villars, (reprint Cambridge Collection- Mathematics, 2015).

WALKER D. P. (1978). *Studies in Musical Science in the Late Renaissance*. London: Warburg Institute, University of London.

ArteScienza

Rivista telematica semestrale

<http://www.assculturale-arte-scienza.it>

Direttore Responsabile: Luca Nicotra

Direttori onorari: Giordano Bruno, Pietro Nastasi

Redazione: Angela Ales Bello, Gian Italo Bischi, Luigi Campanella, Antonio Castellani, Isabella De Paz, Maurizio Lopa

Registrazione n.194/2014 del 23 luglio 2014 Tribunale di Roma - ISSN on-line 2385-1961