

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCC.

1903

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XII.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1903

Matematica. — *Di un gruppo continuo di trasformazioni.*
Nota del prof. G. FRATTINI, presentata dal Socio VOLTERRA.

Questa Nota sarà pubblicata nel prossimo fascicolo.

Fisica. — *Composizione ottica dei movimenti vibratorii di tre o più suoni.* Nota del dott. GIULIO ZAMBIASI, presentata dal Socio BLASERNA.

In una mia Memoria che si sta pubblicando nella « Rivista Musicale Italiana » di Torino, col titolo: *Le figure di Lissajous nell'estetica dei suoni*; oltre i risultati di varie esperienze intorno alle figure di Lissajous di due suoni, si contiene quello della prima prova da me fatta per produrre figure analoghe di tre suoni.

L'esito felice di questo tentativo, apre la via a nuove ricerche in un campo inesplorato. Perciò credo opportuno esporre il metodo seguito, e le applicazioni che ho intenzione di fare.

Modo di sperimentare. — In sostanza ho seguito il metodo di Terquem, che consiste nel progettare le figure di Lissajous ottenute con due coristi, dei quali uno porta alla sua estremità una lamina d'alluminio con piccolissimo forellino, l'altro un obiettivo da microscopio. I coristi sono collocati in modo che l'obiettivo proietta sopra uno schermo l'immagine del forellino fortemente illuminato con un fascio di luce solare, e le loro vibrazioni hanno direzioni rispettivamente perpendicolari.

L'intenzione mia era di sostituire alle vibrazioni del diapason, quelle di qualunque suono propagantesi nell'aria; quindi ho adattato, in luogo del corista portante il forellino, il Fonautografo di Scott, convenientemente modificato e semplificato.

È noto che alla membrana del Fonautografo si suole applicare, o uno stile (setola), nel metodo grafico, o uno specchietto, nel metodo ottico, per ottenere le sinusoidi delle voci o dei suoni d'istrumenti. Tanto lo stile quanto lo specchietto sono obbligati ad un asse di rotazione, e per mezzo d'una leva il cui braccio appoggia sul centro della membrana, ricevono gli impulsi della membrana stessa vibrante. È chiaro che così si ottiene la componente perpendicolare all'asse di rotazione, ossia al diametro della membrana parallelo a quell'asse.

Considerando che, per la omogeneità della membrana, per la sua forma circolare, e per la tensione uniforme, è indifferente disporre l'asse di rota-

zione secondo qualunque diametro; ho pensato di sopprimerlo addirittura, e in luogo di servirmi d'una componente qualunque delle vibrazioni, usare, qual'è, il moto del centro.

A questo scopo ho fissato, avvitandola strettamente, un'asticella d'alluminio al centro della membrana, perpendicolare ad essa. L'asticella termina in una laminetta d'alluminio con un forellino. Il forellino ben illuminato si può guardare direttamente con un canocchiale, ovvero se ne può proiettare l'immagine, sia per osservare le sue vibrazioni, sia per comporle, come nel metodo di Terquem, colle vibrazioni d'un corista o comparatore ottico.

Il vantaggio di questo metodo sta in ciò, che non solo si può con esso avere l'immagine ottica della vibrazione d'un suono qualunque propagantesi nell'aria, e paragonarla, come insegnò Lissajous, con quella d'un comparatore; ma si può avere la risultante d'un numero indefinito di suoni propagantisi, e comporla con quella d'un diapason che serve e di analisi e di sintesi delle combinazioni sonore, prodotte non nella forma prefissa usata nel gabinetto del fisico, ma in quella propria dell'arte; come ognuno potrà giudicare dalle applicazioni seguenti.

Composizione parallela dei movimenti vibratorii di più suoni. — Innanzi tutto importava constatare la forma del movimento del forellino; perchè da essa dipende la bontà del metodo. Suonando innanzi al Fonautografo una, o due o più canne d'organo, potei ottenere *una immagine rettilinea, sia di una, sia della risultante di più vibrazioni.*

Precisamente il forellino oscilla sulla retta che passa pel centro della membrana perpendicolarmente ad essa, alle seguenti condizioni: a) che la posizione iniziale del forellino sia sull'asse della membrana; b) che la tensione della membrana sia uniforme in tutti i suoi punti; c) che l'asticella, e la laminetta non abbiano oscillazione propria od altro movimento irregolare. A ciò si provvede procurando che l'asta sia rigida, leggera e rigidamente legata alla membrana per poter rispondere a tutti i movimenti.

Siccome poi la membrana ha un suono proprio per ogni grado di tensione; così è chiaro che si ottiene un massimo di ampiezza di vibrazione d'un suono, quando la membrana è intonata coll'istrumento.

Nel caso di due suoni si può tuttavia ottenere eguale ampiezza di vibrazione per ognuno di essi, dando alla membrana una tensione o tono medio, e disponendo le canne a diversa distanza secondo il grado d'intensità degli stessi suoni.

Per verificare e constatare sperimentalmente la forma rettilinea del movimento centrale della membrana, ho fatto uso del microscopio solare, come apparecchio di proiezione, collocando il Fonautografo in modo che il forellino vibrasse nel campo fortemente illuminato, ove si pongono gli oggetti microscopici da proiettare. In luogo dello schermo posi un telaio, lungo il quale faceva scorrere una lastra sensibile in direzione perpendicolare alla vibra-

zione del forellino. Il raggio luminoso passando per un finestrino praticato nella parete del telajo descrive sulla lastra fotografica la traccia de' suoi movimenti.

Componendo diverse canne due a due, ottenni le tracce caratteristiche degli intervalli come si ottengono col metodo grafico di Lissajous et Desains.

L'importanza incontestabile di questa esperienza sta in ciò che si possono ottenere con eguale facilità le tracce della composizione parallela delle possibili combinazioni di suoni due a due, tre a tre, quattro a quattro, ecc. e quindi degli accordi musicali. Eccone un saggio nella fig. 1:

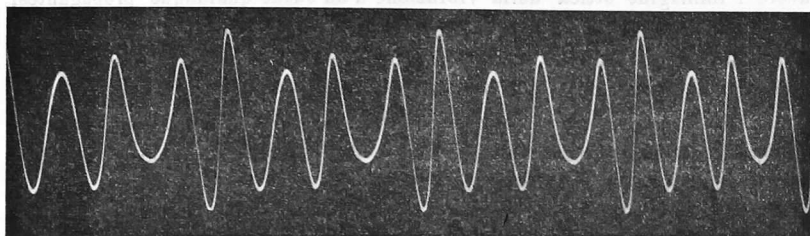


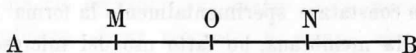
FIG. 1.

Composizione parallela delle vibrazioni di tre suoni prodotti contro tre canne d'organo:
 $Do_2 : Mi_2 : Sol_2$.

Come caso particolare sarà utile fare la sintesi de' suoni della serie armonica, e formare vari tipi di sinusoidi utili per lo studio dei timbri.

Anche la prova che ho fatto per ottenere una sinusoida d'una sola canna d'organo, per sottoporla all'analisi della macchina integratrice; diede un risultato insperato, tanto per la nitidezza e finezza della immagine, quanto per l'ampiezza della vibrazione.

Intonazione di due canne d'organo col metodo ottico di precisione.
— Dimostrato che la membrana del Fonautografo animata da più suoni, fornisce la risultante della composizione parallela delle loro vibrazioni; ne viene che si può intonare due istrumenti direttamente, senza comparatore ottico; allo stesso modo come due diapason che vibrano parallelamente. La immagine rettilinea della vibrazione composta AB,



non è omogenea in tutto il tratto; ma presenta un certo numero di punti più luminosi (punti d'arresto di vibrazioni) in vario numero secondo il grado di semplicità del rapporto dei due suoni. Se il rapporto è semplice e preciso, i due punti M ed N sono fissi; se l'intervallo si altera, oscillano,

ciascuno nel suo campo OA od OB; e più veloci quanto più si altera il rapporto. Ogni oscillazione intera segna un battimento e quindi una vibrazione in più o in meno, così come una rotazione della figura di Lissajous.

Composizione perpendicolare delle vibrazioni d'un diapason, colla risultante della composizione parallela di due o più suoni. — All'obiettivo immobile del microscopio solare da proiezione, ho sostituito l'obiettivo, pure da microscopio, fissato all'estremità del corista del comparatore ottico di Lissajous, disponendo il corista in modo che vibrasse perpendicolarmente e alla vibrazione del forellino e al raggio luminoso. Combinando i suoni come nella prima esperienza ed eccitando contemporaneamente il corista, ottenni non solo le figure di due suoni, come Lissajous; ma di tre, quattro,... e le rispettive traccie.

Soltanto, per coglierle fotograficamente, ho cambiato disposizione all'apparecchio. Presi la fotografia della traccia, collocando il telaio in modo che la direzione del movimento della lastra sensibile, fosse parallela alla bisettrice dell'angolo retto delle due vibrazioni. Fotografai le figure fisse collocando la camera fotografica senza obiettivo, così che servisse da obiettivo quello del diapason comparatore; e operando incirca come nelle istantanee, ma regolando, secondo le circostanze, la posa con un opportuno otturatore. Anche di questa composizione offro un esempio nella fig. 2.

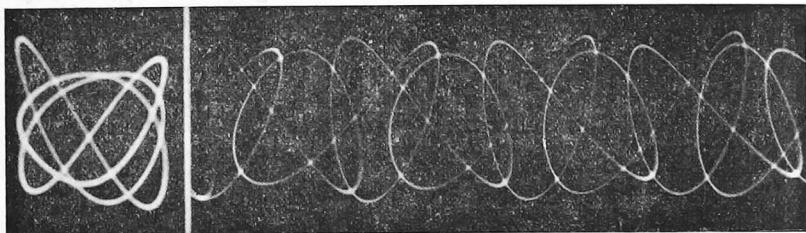


FIG. 2.

Figura e traccia di quattro suoni.

Composizione perpendicolare delle vibrazioni d'un corista Sol, colla risultante parallela dei tre suoni: $Do_2 : Mi_2 : Sol_2$.

Siccome confrontando uno ad uno i suoni con quello del corista comparatore si ottengono le figure di Lissajous dei rispettivi intervalli; così le figure risultanti dal confronto di più suoni simultanei con quello del corista, si possono considerare come figure composte di tante figure di Lissajous quanti sono i suoni componenti formanti intervallo con esso.

Le figure, quindi, composte di tre o quattro suoni hanno, rispetto

all'accordo musicale da essi formato, la stessa relazione che le figure di Lissajous hanno cogli intervalli di due suoni. I risultati ottenuti bastano a dimostrare che come le figure di Lissajous servono all'analisi e sintesi e classificazione degli intervalli musicali, alla teoria della semplicità dei rapporti, e delle approssimazioni nell'apprezzamento degli intervalli [come ho tentato di dimostrare nel lavoro sopra citato]; così le figure delle combinazioni di più suoni servono ad uno studio parallelo e comparativo tra i fenomeni ottici e le sensazioni o fenomeni musicali, che produce una combinazione di tre o più suoni. Tutto ciò fa sperare al fisico di poter investigare cogli apparecchi della scienza sperimentale, tutto il campo dell'*armonia musicale*, e separare ciò che vi è di oggettivo da ciò che è soggettivo in questo ramo della musica; cioè vedere che cosa si debba attribuire alla natura, e che cosa all'arte.

Finalmente accenno ad un caso di combinazione di suoni, la cui figura ha il carattere di *figura di transizione*. Il caso avviene quando le vibrazioni dei suoni componenti hanno ampiezza notevolmente diversa: per esempio componendo i due suoni: Do_2 : Sol_1 col comparatore Do_1 , se le vibrazioni hanno ampiezze uguali o poco diverse si ottiene una figura composta dell'accordo Do_2 : Sol_1 : Do_1 ; ma se il Do_2 s'affievolisce, man mano che la vibrazione impiccolisce, si vede apparire la figura della quinta: Sol_1 : Do_1 ; e lungo la traccia della stessa appare la piccola figura dell'ottava Do_1 : Do_2 che la percorre più o meno lentamente nel caso che l'intonazione non sia precisa. La seguente fig. 3 ha la fisionomia della figura della quinta Do_2 : Fa_1 ; ma la sua traccia è intessuta di due altre figure proprie dei rapporti: Mi_3 : Fa_1 e Sol_3 : Fa_1 .

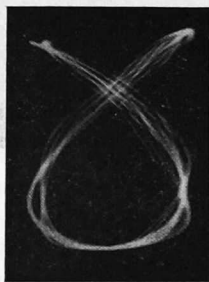


FIG. 3.

Figura di transizione di quattro suoni:

1°. Corista Fa_1 . 2°. Canna d'organo Do_2 con grande vibrazione. 3° e 4° Due Canne: Mi_3 : Sol_3 con piccole vibrazioni.

All'occhio quindi sembra che un suono che ha vibrazione relativamente piccola, assuma una importanza secondaria o decorativa rispetto agli altri.

Questo fenomeno segna il passaggio dagli accordi, ai timbri musicali: infatti gli armonici naturali degli istrumenti e gli artificiali negli organi a ripieno, intanto costituiscono il timbro o colore dei suoni principali in quanto la loro intensità relativa è piccola assai; infatti avviene in certi istrumenti, come le canne d'organo, che quando l'intensità del primo armonico eguaglia quella del fondamentale, lo si percepisce come suono distinto formante accordo musicale. Questa esperienza può servire di criterio nella misura della intensità relativa de' suoni musicali, importante nell'arte come mezzo d'espressione e colorito.

Fisica terrestre. — *Misure pireliometriche eseguite a Corleto nell'estate del 1898.* Nota di CIRO CHISTONI, presentata dal Socio BLASERNA.

Nell'estate del 1898, trovandomi in campagna a Corleto⁽¹⁾ ho fatto coll'attinometro Violle alcune determinazioni pireliometriche, che credo utile pubblicare perchè se non altro, danno l'idea della quantità di calore che in belle giornate viene irradiato dal sole sulla fertile campagna modenese.

L'attinometro Violle del quale mi servii è di proprietà della R. Stazione Agraria di Modena, e porta la marca *E. Ducretet à Paris*. Il diametro della sfera esterna è di centimetri 27,8 e quello della sfera interna è di centim. 19,3.

Lo schermaglio del tubo di entrata dei raggi solari, porta cinque fori che hanno rispettivamente i seguenti diametri in centimetri.

1,599	1,372	1,122	0,816	0,426
-------	-------	-------	-------	-------

Per assicurarmi dell'orientazione del tubo di entrata dei raggi solari, ho fatto prolungare il tubo dell'apparecchio di altri quattordici centimetri, e tanto alla bocca che alla fine di questo prolungamento sta saldato perpendicolarmente al tubo e coassiale con questo, un disco, con foro di diametro uguale al diametro esterno del tubo e col diametro maggiore di 65 millimetri. Nel disco verso la bocca stanno praticati tre forellini alla distanza di 90° l'uno dall'altro e corrispondentemente sul secondo disco si trovano tre punti di riferimento, per modo che quando le tre immagini del sole prodotte attraverso ai tre forellini vengono a battere sui tre punti segnati, l'apparecchio è disposto così che i raggi solari percorrono il tubo parallelamente al suo asse, e battono direttamente sul serbatoio del termometro quando dalla bocca del

(1) Villa distante circa sette chilometri dal centro della città di Modena; posta verso sud-ovest della città stessa. È alla latitudine 44° 36' ed è ad est del meridiano di Greenwich di 10° 51'. Il luogo delle osservazioni era a 58 metri sul livello del mare.