Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

von einem Ort zum andern sich nicht durch eine uns unbegreifliche Einwirkung in der Ferne, sondern continuirlich von Molecul zu Molecul durch Gliederung fortpflanzt. Welchen Einfluss diese neue Theorie auf die übrigen Gebiete der Physik ausüben muss, brauchte ich hier nicht nachzuweisen, mir genügt es, Beobachtungen geliefert zu haben, welche zu Faraday's Untersuchungen gefügt, die festeste Stütze für die neue Theorie darbieten.

Dei limiti dei suoni nelle linguette libere, nelle canne a bocca, e dei loro armonici, studiati in relazione alla legge di Bernoulli.

Memoria IV del **Prof. Zantedeschi.**

(Vorgelegt in der Sitzung vom 22. October 1857.)

Nella terza Memoria noi abbiamo esposto un prospetto generale dei suoni più gravi ed acuti, che si ricavano dagli strumenti di musica; ma noi non abbiamo detto se quei limiti sieno assoluti rispetto all' orecchio, o relativi all' arte. Abbiamo con una canna della lunghezza di un centimetro, e del diametro di quattro millimetri determinato un limite di 40960 vibrazioni in un minuto secondo, oltre il quale non ci fu dato di ricavare suono sensibile per noi. Non abbiamo fin ora fatto altrettanto rispetto ai suoni gravi. Alcuni Maestri dell' arte per ricavare un suono grave di 32 vibrazioni per secondo o di 32 piedi, come lo si chiama, sogliono associare alla tonica di 16 piedi la quinta, che in vibrazioni sono 64 e 96. Questi due suoni danno il terzo suono, che è la loro differenza 32. Si ànno adunque in questo caso i due suoni delle due ottave di 16 e di 32 piedi, che sono equissoni, come si dice col linguaggio dell' arte. Tuttavia nella storia degli organi ne troviamo descritti parecchi, che ànno in tutta l'estensione della parola canne di 32 piedi. Io ricorderò brevemente i principali della Francia, dell' Inghilterra e della Germania, che sono della maggiore profondità; perchè si comprenda la ragionevolezza delle mie ricerche anche in questa parte di acustica. Io non debbo restringermi peripetere quanto fu eseguito da altri, ma debbo ancora esaminarlo

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

ed estenderlo se fia possibile nei limiti delle mie forze e dei miei, mezzi.

Negli organi, che ànno maggiore celebrità, io ritrovo che venti e più ànno dei particolari registri di 32 piedi in tutta la loro estensione; come quelli di Frankfort sul Meno, di Freyburg, di Dresda di Trèves, di Westminster, di Weingarten, di Birmingham, di Halberstadt, di Praga, di Hamburgo, di Harlem, di Danzica, di Hauptwerck, di Merseburg. Questi registri sono sempre ai pedali e sono o il principale, o il basso, o il controbasso, o il fagotto, o la tromba. Fino ad ora io non ò potuto leggere che si sieno praticate canne aperte di una lunghezza maggiore di 32 piedi, o che siensi fatte suonare canne chiuse o bordoni di queste dimensioni.

Rispetto alle linguette libere io ritrovo nel tomo III. *du Facteur d'orgues* di Hamel (pag. 145, 146; Paris 1829), che il massimo diapason contrassegnato dal num. VII. porta lo spessore di 3 millimetri e 1047 di millimetro, la larghezza di 57 millimetri e 654 di millimetro, e la lunghezza di 326 millimetri e 147 di millimetro. Eccone il prospetto:

spessore	0^m 003·1047
larghezza	0. 057·654
lunghezza	0. 326·147

Questa linguetta risponderebbe al tono di 32 piedi, e dovrebbe dare 32 vibrazioni per secondo.

Per il tono più acuto che siasi provocato pare che le dimensioni sieno state:

spessore	0^m000·0969
larghezza	0.000·897
lunghezza	0.005·095.

Io ò sperimentato sopra una linguetta libera di ottone temperato, della lunghezza di 4 millimetri e mezzo, della larghezza di mezzo millimetro, e dello spessore dalla base alla parte libera decrescente, cioè da un quarto di millimetro un po' scarso ad un ottavo di millimetro. Questa diede col fiato del polmone e sull'organo del Santo il *sol* della decima ottava, incominciando da quella di 32 piedi, corrispondente a 49152 vibrazioni per secondo. Questo è il limite acuto, al quale ò potuto giugnere ne' miei esperimenti; che ò voluto fossero

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

sempre confermati dai Maestri dell'arte, tra' quali ricorderò con riconoscenza e con stima il sig. Giuseppe Marzolo di Padova.

Il tono più acuto da altri provocato sarebbe stato di 2048 vibrazioni.

Il tono più grave ottenuto con linguette libere, registrato nei trattati di acustica e della costruzione degli organi sarebbe stato di 32 piedi uguale a 32 vibrazioni per secondo, come ò di sopra riferito. Ne' miei esperimenti sarei arrivato al *si* dell' ottava di 32 piedi e al *sol* della medesima ottava. Io ottenni il primo di questi due toni, cioè il *si* con una linguetta libera della lunghezza di 19 centimetri, della larghezza di 15 millimetri, e dello spessore decrescente verso l'estremità libera da esser ridotto ad un millimetro. Essa era di ottone reso elastico per compressione. Ottenni poi il secondo tono, cioè il *sol*, con una linguetta parimenti di ottone resa elastica per compressione, che era della lunghezza di 19 centimetri, della larghezza di 15 millimetri, e dello spessore uniforme di un millimetro. Questi suoni fondamentali gravissimi erano accompagnati dagli armonici, il duodecimo e il decimosettimo. Aggiunto un tubo di ottone di forma conica del a lunghezza di 2 metri, e del diametro maggiore di 17 centimetri, e del diametro minore di 2 centimetri, i toni fondamentali ed armonici si resero più intensi, ma si mantennero costanti nella loro tonalità. È a notarsi che i suoni fondamentali si udivano ad una maggior distanza in confronto dei suoni armonici acuti, i quali erano solo percettibili in prossimità della linguetta o delle pareti del tubo. Questa osservazione mi convalida sempre più nel riconoscere che non esistono suoni di sommazione, come ò detto nella mia conclusione alla Memoria I. di acustica.

Io ò cercato di avere una vibrazione, due vibrazioni, tre vibrazioni e mezzo, sei vibrazioni, otto vibrazioni, dodici vibrazioni e sedici vibrazioni per secondo. In tutti questi casi io ebbi sbattimenti, ma non mi fu possibile di percepire il suono fondamentale. Un fatto però mi si ebbe a manifestare, il quale mi sembra interessare la scienza; ed è che il tono fondamentale non percettibile ora è scompagnato da suoni superiori armonici che sieno sensibili, e che ora ne è accompagnato. Si vede la linguetta vibrare, e se ne contano con precisione le vibrazioni; si odono gli sbattimenti; non è percettibile il suono fondamentale, e sono tuttavia sensibili i suoni superiori armonici. — Così con una e due vibrazioni per secondo neppure col tubo addizionale potei

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

percepire suono armonico; ma con tre vibrazioni e mezzo io ebbi un suono armonico applicando l'orecchio in prossimità della linguetta, che si giudicò all' organo del Santo il *mi*[b] dell'ottava di 8 piedi. Il fondamentale potrebbe valutarsi forse di 256 piedi. Con sei vibrazioni per secondo non si ebbe suono fondamentale neppure coi tipi dell' organo del Santo, ma solo sbattimenti. Gli armonici tuttavia furono sensibili in prossimità della linguetta, i quali furono *sol* ♯ e *re* ♯ dell'ottava di 8 piedi, appartenenti alla fondamentale della quinta ottava grave, corrispondente a 256 piedi, uguale a quattro vibrazioni per secondo. Per ugual modo si è proceduto nell' analisi dei suoni armonici ottenuti da otto, dodici e sedici vibrazioni per secondo. La linguetta impiegata è stata sempre la stessa, cioè di ottone reso elatico per compressione della lunghezza di 19 centimetri, della larghezza di 15 millimetri e dello spessore di un millimetro crescente, aggravata successivamente di pesi diversi.

Con una linguetta di ottone preparata alla maniera delle precedenti della lunghezza di 19 centimetri, della larghezza di 15 millimetri, e dello spessore decrescente verso l'estremità libera da ridursi ad un terzo di millimetro, ebbi il *mi* dell'ottava di 16 piedi. Il fondamentale fu accompagnato dalla dodicesima e decimasettima, che furono sensibili in prossimità della linguetta o delle pareti del tubo. Dell'esistenza di questi suoni armonici, solo percettibili in prossimità delle canne o delle linguette vibranti, io mi sono assicurato, applicando l'orecchio alle pareti delle canne di varii organi, che furono messi in esperimento in concorso delle linguette vibranti.

In tutti questi esperimenti mi sono convinto che il suono riesce tanto meno intenso quanto esso è più grave, e da ciò apprendo la ragione di quella regola fornita da Grenié, che stabilì al rinforzo di un tono grave di aggiugnere quello dell'ottava immediata superiore. Così se si volesse rinforzare il tono di 32 vibrazioni lo si avrebbe ad accompagnare con quello di 64 vibrazioni, il quale secondo la dottrina del terzo suono da me esposta nella prima Memoria di acustica darebbe 32 vibrazioni, che aggiunte a quelle del fondamentale verrebbero ad accrescere l'intensità. Sono in questo caso due suoni unissoni concomitanti, analoghi a quelli di due canne o di due corde al tutto uguali.

Di sopra ò riferito colla Storia degli organi più celebrati di Europa, che il suono più grave è quello di 32 piedi eguale a 32 vibrazioni per secondo; ma questo suono è veramente il limite assoluto del suono

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

più grave? La legge di Bernoulli sarebbe anche in questi estremi, per così dire, perfettamente osservata, come deve essere se è una legge razionale, e non empirica, fornita dall' esperienza eseguita entro determinati limiti? Questo duplice problema mi parve meritare uno studio speciale, al quale mi applicai con una canna, che feci costruire in più pezzi da fornirmi, incominciando dal suono di 8 piedi, quelli che trascendevano il tono di 32 piedi.

Io esporrò per serie i miei esperimenti colla descrizione di tutte quelle circostanze, che li accompagnarono.

Esperienza I.

Questa prima esperienza è stata eseguita con una canna di abete della lunghezza di 2 metri, del lato quadrato di $0^m 14$, e dello spessore di 0^m 016. Essa era colorita internamente ed esternamente con colla annerita. La bocca era dell' apertura di 0^m 034. Fatta parlare con un mantice di 5 piedi, diede la fondamentale di 8 piedi uguale a 128 vibrazioni per secondo. Il suono fu pieno, robusto, pastoso ed omogeneo.

Spingendo l'aria con maggior impeto, e ritenuta costante la bocca non si poterono avere i suoni armonici di Bernoulli cioè l'ottava, la dodicesima, la decimaquinta, ecc; ma restringendo la bocca da un centimetro a quattro millimetri, si ebbero de' suoni acutissimi appartenenti all'ottava di un piede, ed anco di un mezzo piede, che parvero essere i toni della scala cromatica.

Esperienza II.

Aggiunto al pezzo di 2 metri un secondo di ugual lato, della stessa materia, egualmente preparato, e dello stesso spessore, ma della lunghezza di 2^m 55, si ebbe coll' apertura della bocca di 0^m065 il tono fondamentale di 16 piedi uguale a 64 vibrazioni. Il suono fu netto, armonico, aggradevole, ma di una intensità minore rispetto a quello di 8 piedi.

Spingendo l'aria con maggior impeto e colla stessa apertura di 0^m 065, si ebbe l'ottava immediata di 8 piedi, e la duodecima, comprimendo ancora di più il mantice; ma non si poterono avere gli armonici successivi.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Ridotta poi l'apertura della bocca a 0^m 035, si ebbe ancora la decimaquinta spingendo l'aria colla maggior forza possibile.

Finalmente ristretta la bocca da 0^m 01 a 0^m 004, si manifestarono i suoni acutissimi descritti nel precedente esperimento.

Esperienza III.

Aggiunto un secondo pezzo in tutto uguale ai precedenti, meno nella lunghezza, che fu di 4^m 64, da dare la lunghezza totale di 9^m 19; e colla stessa apertura della bocca, ciòe di 0^m 065, si ebbe la fondamentale di 32 piedi uguale a 32 vibrazioni per secondo. Essa fu netta, piena e maestosa nella sua gravità.

Spingendo l'aria con maggior forza, e ritenuta la stessa apertura della bocca, si ebbero l'ottava immediata e la duodecima. Di più non si è potuto ottenere con questa apertura, per quanto si avesse a spingere l'aria.

Ridotta l'apertura della bocca a 0^m 055, si ebbe ancora la decimaquinta.

Ristretta la bocca fino a 0^m 028, si ebbe oltre agli armonici precedenti, eziandio la decimasettima.

Finalmente portata la bocca da 0^m 01 a 0^m 004, si riprodussero i suoni acutissimi di sopra riferiti.

Esperienza IV.

Aggiunto ai precedenti pezzi altro in tutto identico, meno nella lunghezza che fu di 1^m 82, coll' apertura della bocca di 0^m 075, si ebbe un suono fondamentale accompagnato da sbattimenti, che riuscirono più forti di quello.

Spingendo l'aria con maggior impeto, colla stessa apertura della bocca, si provocarono l'ottava, la duodecima e la decimaquinta.

Ridotta l'apertura della bocca a 0^m 035, si ebbe altresì la decimasettima; appresso non si udì che un frastuono.

Finalmente ridotta l'apertura della bocca da 0^m 01 a 0^m 004, si udirono de' suoni acutissimi appartenenti alle toniche di un piede, ed anco di mezzo piede.

Anche in questi ultimi esperimenti si ebbe a verificare, che applicando l'orecchio a qualsivoglia parte delle pareti della canna, si sentono gli armonici che appartengono alla decimaquinta, alla decima-

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

settima ed alla decimanona, quando però la canna dia la fondamentale o gli armonici gravi.

In questi quattro esperimenti la lunghezza della canna fu portata sino a 11^m 01.

Esperienza V.

Alla canna della lunghezza di 11^m01 fu aggiunto altro pezzo della lunghezza di 1^m 85, che in tutto il resto era uguale ai precedenti. La canna per tal modo fu portata alla lunghezza di 12^m 86.

Coll' apertura della bocca di 83 millimetri e col fiato naturale del mantice di 5 piedi non si ebbero che sbattimenti. Questo fu il limite assoluto rispetto alla totalità della canna. Spingendo l'aria con maggior impeto possibile, la canna diede l'ottava acuta della totalità, che fu il *la* della tonica di 32 piedi accompagnato da frastuoni. La fondamentale, che non fu percettibile avrebbe dovuto essere il *la* della tonica di 64 piedi. Ancor qui si ebbe un nuovo argomento della sensibilità di toni acuti, senza che sieno percettibili al nostro orecchio i toni fondamentali, come abbiamo veduto parlando delle linguette libere.

Colla apertura della bocca di 6 centimetri e col fiato naturale del mantice si ebbe l'ottava acuta, ossia il *la* della tonica di 32 piedi, poco intensa ed accompagnata da sbattimenti.

Ritenuta la stessa apertura della bocca, e spingendo l'aria con maggior impeto possibile, si ebbero successivamente la duodecima e la decimaquinta accompagnate da sbattimenti.

Ridotta l'apertura della bocca a 45 millimetri, coll' impulso naturale del mantice si ebbe la sola duodecima accompagnata da sbattimenti.

Colla stessa apertura di bocca, e spingendo l'aria con maggior impeto, si ebbe la quindicesima ed appresso frastuoni.

Ridotta la bocca a 22 millimetri, coll' impulso naturale del mantice si ebbero fenomeni incostanti. Da principio col mantice più elevato si ebbe la diecinovesima, appresso si ebbero frastuoni, quindi venne distinta la diecisettesima, che fu seguita da altri frastuoni; e finalmente si udì distinta la quindicesima.

Colla medesima apertura della bocca, e spingendo l'aria col maggior impeto possibile, si ebbero successivamente i suoni 7, 8, 9 di Bernoulli. Appresso non si udirono che frastuoni.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Ridotta la bocca da un centimetro a 4 millimetri, si ebbero i soliti toni acutissimi. Di questi esperimenti noi presentiamo qui un prospetto generale:

Do = 16 vibrazioni = 64 piedi, che fu impercettibile.

I. fondamentale . . .	*la*	=	26·66	vibrazioni	= 64	piedi.
II. ottava	*la*	=	53·32	„	= 32	„
III. dodicesima	*mi*	=	79·98	„	= 16	„
IV. quidicesima	*la*	=	106·64	„	= 16	„
V. decimasettima . . .	*do*♯	=	133·30	„	= 8	„
VI. diecinovesima . . .	*mi*	=	159·69	„	= 8	„
VII. ventesima	*fa*♯	=	174·73	„	= 8	„
VIII. ventiduesima . . .	*la*	=	213·28	„	= 8	„
XI. ventitreesima . . .	*si*	=	239·94	„	= 8	„

Si scorge da questo prospetto, confrontato col numero degli armonici ottenuti con tronchi di canna minori, che il numero degli armonici va crescendo colla lunghezza della canna.

Esperienza VI.

La canna fu portata alla lunghezza di 19^m 70, corrispondente a piedi 64 dell' arte. Col soffio naturale del mantice di 5 piedi non si ebbero che sbattimenti; l'apertura della bocca era di 85 millimetri.

Spingendo l'aria col maggior impulso si ebbe l'ottava di 32 piedi poco sensibile e la dodicesima *sol*, e ciò colla medesima apertura della bocca.

Ridotta la bocca a 56 millimetri, diede l'ottava debole di 32 piedi, coll' impulso naturale del mantice.

Spingendo l'aria col maggior impulso possibile, si ebbero la docesima *sol*; poi frastuoni; indi la quindicesima *do* di 16 piedi; susseguenmente frastuoni; appresso la diecinovesima *sol*; quindi nuovi frastuoni; poi la ventesima diesis, *la*; poi frastuoni e la ventiduesima, *do* di 8 piedi.

Per ultimo ridotta la bocca a 50 millimetri, si ebbe la duodecima, *sol*$^2/_3$ di 32 piedi, coll' impulso naturale del mantice.

Coll' impulso maggiore possibile del mantice si ebbe la quindicesima *do* di 16 piedi; appresso frastuoni; la diecisettesima *mi*; frastuoni susseguenti; poi la ventiduesima *do* di 8 piedi; indi la ventitreesima, *re*.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Ridotta la bocca a 42 millimetri, si ebbe la quindicesima *do* di 16 piedi, colla pressione ordinaria del mantice.

Coll' impulso maggiore possibile del mantice si ebbero la diecinovesima, *sol*; poi frastuoni; la ventesima diesis, *la*♯; poi frastuoni; la ventiduesima, *do* di 8 piedi; poi frastuoni; la ventitreesima, *re*; la ventiquattresima *mi*.

Ridotta la bocca a millimetri 34, si ebbe la diecinovesima *sol*, coll' impulso naturale del mantice.

Coll' impulso maggiore possibile del mantice si ebbero frastuoni rapidi successivi; quindi la ventinovesima, *do* di 4 piedi.

Ridotta la bocca a 30 millimetri si ebbe la ventesima diesis, *la*♯ coll' impulso naturale del mantice.

Coll' impulso maggiore possibile del mantice si ebbero frastuoni rapidi successivi più distinti dei precedenti, quindi la trentaunesima diesis *mi*♯.

Ridotta la bocca a millimetri 25, si ebbe la ventiduesima, cioè *do* di 8 piedi, coll' impulso naturale del mantice.

Coll' impulso maggiore possibile del mantice, si ebbero frastuon meno rapidi e fortissimi.

Ridotta la bocca a 20 millimetri, si ebbe la ventitreesima, *re*, coll' impulso naturale del mantice.

Coll' impulso maggiore possibile del mantice si ebbero brevi frastuoni, susseguiti da suoni distinti successivi fino al *sol* di 1 piede.

Ridotta la bocca a 15 millimetri, si ebbe la ventiquattresima *mi*, coll' impulso naturale del mantice.

Coll' impulso maggiore del mantice si ebbero frastuoni rapidi, che finirono nel tono di *do* di $^1/_2$ piede.

Ridotta la bocca a 10 millimetri, colla minima pressione del mantice, si ebbe la ventiseesima, cioè *sol*.

Coll' impulso maggiore del mantice si ebbero frastuoni rapidi, che terminarono nel tono di *sol* di $^1/_2$ piede.

Ridotta la bocca a 5 millimetri, si ebbero frastuoni distinti; ed appresso *do* di $^1/_4$ di piede colla pressione ordinaria.

Coll' impulso maggiore possibile del mantice si ebbe il *fa* di un $^1/_4$ di piede prossimamente. Questo fu il limite del suono percettibile di questa canna.

Dalla serie degli esposti esperimenti io raccolgo il seguente prospetto de' suoni armonici.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Num. di Bernoulli	Vibrazioni	Tono.
1. Fondamentale . .	= 16 . . .	= *Do* di 64 piedi non percettibile
2. Ottava	= 32 . . .	= *Do* di 32 piedi percettibile
3. Dodicesima	= 48 . . .	= *Sol*
	Frastuoni	
4. Quindicesima . .	= 64 . . .	= *Do* di 16 piedi
	Frastuoni	
5. Decimasettima. .	= 80 . . .	= *Mi*
	Frastuoni	
6. Diecinovesima . .	= 96 . .	= *Sol*
7. Ventesima diesis	= 111, 10	= *La* ♯
	Frastuoni	
8. Ventiduesima .	= 128 . .	= *Do* di 8 piedi
9. Ventitreesima .	= 144 . .	= *Re*
10. Ventiquattresima	= 160 . .	= *Mi*
	Frastuoni rapidi e successivi	
16.	= 256 . .	= *Do* di 4 piedi
	Frastuoni rapidi e successivi più distinti dei precedenti	
21.	= 333,33	= *Mi* ♯
24.	= 384 . .	= *Sol*
	Frastuoni meno rapidi dei precedenti, ma fortissimi	
28.	= 444.43	= *La* ♯
Brevi frastuoni susseguiti da suoni distinti successivi senza salti sino alle vibrazioni:		
96.	= 1536 .	= *Sol* di 1 piede
	Frastuoni rapidi	
128.	= 2048 .	= *Do* di $^1/_2$ piede
	Frastuoni distinti	
192.	= 3072 .	= *Sol*
	Frastuoni distinti	
256.	= 4096 . .	= *Do* di $^1/_4$ di piede
342.	= 5461, 33	= *Fa* di $^1/_4$ di piede.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Il numero 342 di Bernoulli porterebbe vibrazioni 5472.

Il limite del suono percettibile di questa canna, della lunghezza di 19m.70 e del lato quadrato di 0m.14, restringendo successivamente la bocca da 85 millimetri a 5 millimetri, fu il *fa* anzidetto.

Io ò calcolato i numeri di Bernoulli, incominciando dalla fondamentale di 16 vibrazioni, ossia dal *do* di 64 piedi, e procedendo sino alle vibrazioni 4096 corrispondenti al *do* di un $^1/_4$ di piede, al quale va assegnato il numero 256 di Bernoulli.

Da questo calcolo io ò ricavato le seguenti considerazioni:

Confrontando i risultamenti ottenuti dai numeri armonici di Bernoulli in otto ottave, incominciando da quella di 64 piedi, si á che i numeri di Bernoulli, che vanno intercalati negli intervalli successivi delle ottave, procedono nella serie seguente: 0, 1, 3, 7, 15, 31, 63, 127, ecc.

Nel mio calcolo, in cui si son prese le mosse dalla fondamentale *do* di 64 piedi, nessun armonico cadde sul *fa* e sul *la*, nè mai ebbe a coincidere col diesis o col bemolle di una nota qualunque.

L'interpolazione fra le note della scala incominciai mmediatamente dopo il *do* di 4 piedi, e cresce in proporzione dell'aumento delle vibrazioni. Così nell' intervallo fra il *do* ed il *re*, fra il *re* ed il *mi*, fra il *si* ed il *do* superiore i numeri interpolati sono rappresentati dalla serie dei numeri 1, 3, 7, 15 ecc.

La minima distanza in più fra il prossimo susseguente numero di Bernoulli all'attiguo *la*♯ è di vibrazione 0.90, e la massima distanza è di 131.55, entro i limiti dell'ottava di 16 piedi e di $^1/_2$ piede.

Si vede un movimento sempre crescente fra l'attiguo susseguente numero di Bernoulli e il *la*♯ immediato. Questo movimento crescente non può attribuirsi alla serie dei numeri di Bernoulli, che à una legge costante, ma bensì agli accidenti della scala diatonica delle corde, che seguono la legge della dupla; d'onde emerge la necessità, in cui si trovano i pratici, di adottare un temperamento equabile.

Questo regolare procedimento, che ci dà la teoria nel calcolo dei numeri di Bernoulli non si è riscontrato nella canna di 64 piedi. Abbiamo noi dei salti ora con interposizione di frastuoni, ed ora senza interposizione dei medesimi. Così fra il numero 10 ed il numero 16, fra il numero 16 ed il 21, fra il 24 e 28, fra il 28 e il 96, fra il 96 e il 128, fra il 128 e il 192, e fra il 192 e il 256 vi sono

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

frastuoni; ma non fra i numeri 1 e 2, fra il 2 e il 3, fra il 6 e il 7, fra l' 8 e il 9, fra il 9 e il 10, fra il 21 e il 24, fra il 256 e il 342.

I fisici, che ànno stabilita la legge di Bernoulli, si dipartirono dalla teoria pura, che non ammette eccezioni; ma non si curarono di estendere gli esperimenti sino a 64 piedi, come io feci nelle mie investigazioni.

Noi vedemmo che solo fino al num. 3 si procedette in questi esperimenti con regolarità. Io era nel convincimento dai numeri dapprima ottenuti con una canna del lato quadrato di 5 centimetri e della lunghezza di $2^{m}.10$ che vi sarebbe stato l'accordo il più perfetto fra la teoria ed i risultamenti sperimentali; ma da susseguenti esperienze dovetti con mia dispiacenza discredermi. Io esporrò quì a prova di quanto ò asserito i risultamenti ottenuti dalla canna anzidetta del lato quadrato di 5 centimetri e della lunghezza di $2^{m}.10$. — Posto che fosse aperta da ambe le estremità, si ebbe:

Fondamentale	= *re*	= 144	vibrazioni
Ottava . . .	= *re*	= 288	„
Dodicesima .	= *la*	= 432	„
Quindicesima	= *re*	= 576	„
Decimasettima	= *fa*	= 720	„
Diecinovesima	= *la*	= 864	„

Dividendo successivamente i numeri di queste vibrazioni per 144, si ebbero i numeri naturali 1, 2, 3, 4, 5, 6. —

Posto che la canna fosse aperta ad una sola estremità, o chiusa dalla parte estrema della lunghezza, si ottenne:

mi^{b}	= 77	vibrazioni
si^{b}	= 231	„
sol	= 385	„
re^{b}	= 539	„
fa	= 693	„
la^{b}	= 847	„

Dividendo successivamente i numeri delle vibrazioni rappresentanti i toni ottenuti pel numero delle vibrazioni 77, si hanno i numeri 1, 3, 5, 7, 9, 11. —

Non debbo omettere di ricordare un fenomeno, che nelle mie ricerche ò costantemente verificato, cioè, che prima di fare il trapasso

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

dalla tonica all' ottava, si ebbe un aumento di un quarto di tono, e che prima del totale trapasso dalla tonica all' ottava superiore si udirono distintamente ad un tempo la tonica e l'ottava. Tutti i maestri dell'arte, e precipuamente il Marzolo verificarono le particolarità anzidette. Da tutti i fisici si asserisce, che il trapasso sia brusco senza fenomeno alcuno, che lo accompagni. La concomitanza delle due onde vibranti l'una delle quali rappresenta la tonica grave, e l'attra l'ottava acuta, è fenomeno singolare che potrà senza dubbio spargere della luce sopra altri fenomeni di coincidenza, che avesse per avventura a presentare la natura.

Da miei esperimenti impertanto raccolgo queste conclusioni:

I° I suoni più acuti e più gravi ottenuti da' fisici nelle linguette libere sono rappresentati dalle vibrazioni:

2048 ; 32.

In quella vece i suoni più acuti e più gravi ottenuti ne' miei esperimenti sono rappresentati dalle vibrazioni:

49152 ; 24 e 31.

Si scorge qui che il numero 32, come limite del suono armonico, patisce qualche oscillazione secondo la varietà del corpo sonoro.

II° I suoni più acuti e più gravi ottenuti dai fisici colle canne a bocca sono rappresentati dalle vibrazioni:

16384 ; 32.

In quella vece i suoni più acuti e più gravi ottenuti ne' miei esperimenti sulle canne a bocca sono rappresentati dalle vibrazioni:

40960 ; 24

circa miste a sbattimenti, che erano più forti del suono fondamentale, il quale si udiva soltanto in prossimità della canna. —

Colla canna della lunghezza di $12^{m}.86$ non si ebbero che sbattimenti scompagnati da suono propriamente detto.

III° La legge teorica di Bernoulli non è verificata in tutta la sua estensione dall'esperienza.

Nella determinazione dei numeri delle vibrazioni io mi sono valso talvolta del sistema grafico; ma non si prestò con sufficiente esattezza che nei toni gravi; e in questi pure rinvenni, che bisognava avvicinare successivamente il cilindro ruotante al corpo sonoro, perchè l'ampiezza delle vibrazioni andava di mano in mano scemando. Non ò creduto far uso del sistema ottico, perchè esso è impotente a tali determinazioni; e solo egregiamente si presta a render evidente la direzione delle

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

vibrazioni. Io ò trovato ancora insufficiente l'impiego dell' elettromagnetismo; esso non si presta che negli intervalli delle ottave gravi, ma non ugualmente negli intervalli delle ottave acute. Inoltre per chiudere ed aprire il circuito con tutta regolarità è necessario un regolatore, che si presti alle varie ampiezze delle oscillazioni del corpo sonoro. Vi sono tuttavia gravissime difficoltà, che non saprei come potessero esser superate; e perciò io diedi la preferenza al sistema comparativo fondato sulla legge della dupla di Galileo.

Anche nella serie di tutti questi esperimenti io ò amato sempre che la verificazione fosse eseguita dal sig. Maestro Giuseppe Marzolo, sussidiato dal tipo-organo, per evitare il pericolo di cadere in errore. Allo stesso publicamente professo la mia riconoscenza.

Il maestro dell'arte degli organi apprenderà da questi limiti la regola sicura alla quale dovrà attenersi nella pratica costruzione di questi istrumenti. Chi impertanto a nostri giorni propose di costruire un organo col controbasso o fondamentale di 40 piedi, diede a divedere di essere distituito di ogni principio sperimentale. Egli gitterà tempo e denaro, senza poterne raccogliere frutto.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

Jahr/Year: 1857

Band/Volume: 27

Autor(en)/Author(s): Zantedeschi Francesco

Artikel/Article: Dei limiti die suoni nelle linguette libere, nelle canne a bocca, e die loro armonici, studiati in relazione alla legge di Bernoulli. 257-270