

Sintesi e appunti di accordatura di Mario Maggi (1916-2009)

riletti da giorgio maggi

Ho privilegiato il racconto delle esperienze di Mario attraverso le immagini essendo io un semplice trascrittore di ricordi e dunque peccatore per poche abilità e troppe semplificazioni. Per Mario l'accordo dissonante era l'anelito vitale che sempre ci accompagna alla consonanza, una ragione di vita che predispone all'analisi, con una sintesi che arriva con fatica. A scuola ero tutt'altro che brillante perché mi ci volevano ore per raggiungere una sintesi spesso non soddisfacente, non invidiavo il più bravo della classe, prontissimo a rispondere pur senza aver compreso a fondo il senso della domanda. Accordare è una filosofia di vita credo... accordarsi non è cedere ma condividere, credo sia questione di temperamento un problema che in filosofia si trascina da Averroè ed Agostino. Dall'accordo nasce l'armonia.

Temperamenti musicali

In sintesi i tipi di temperamenti - accordature nel tempo possono classificarsi in Pitagorica, mesotonica, irregolari del 1700, in cui l'"intonazione giusta" si ottiene sacrificando alcune note (Kirnberger, Vallotti,) e equalizzati (Werkmeister). Mario avverte la necessità di operare sulla "aggiustatura" delle tastature o legacci della viola da gamba, che seguendo alla lettera il Lanfranco, danno una terza maggiore alquanto dissonante, è convinto dalle note di Ganassi ad accordare le tastature "a orecchio" lasciando al principiante l'uso di ...compassi. Allo stesso modo ha la necessaria sensibilità per tenere leggermente crescenti gli acuti e calanti i bassi per una accordatura del pianoforte più aperta alla emotività musicale dell'orecchio che sa riconoscere leggere differenze tonali legate all'inarmonicità delle corde, del legno e della intelaiatura metallica. Le giovanili esperienze all'Odeion di Atene l'impegno alla Anelli e alla Tallone, rinomate fabbriche di pianoforti, e la pratica orchestrale e d'assolo, affinano in Mario i presupposti della applicazione e della verifica che la tassonomia di Bloom concede a pochi mentre si limita alla conoscenza in taluni mediocri teorici del tema assolutamente prolissi ma prolifici in pubblicazioni "di scuola".



Fig...Mario alla viola da Gamba intona Monteverdi



Fig...Mario a Atene ritrova Il suo maestro Joseph Ferigo accordatore emerito al Conservatorio Odeion di Atene

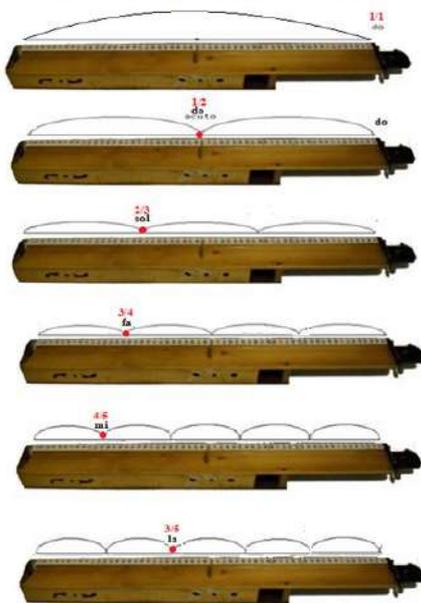
Quasi una ossessione la precisione nell'accordatura di pianoforti ...filosofia del compromesso già dai tempi di Pitagora e tenuta segreta da pochi eletti cultori di quelle teorie "blasfeme" che studiavano i misteri di una geometria che l'ottocento definì "non euclidea." Mario fu per me sempre la fondamentale dell'accordo, la nota più grave, la più autorevole.



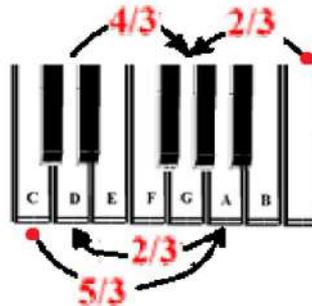
Fig, Mario accorda un pianoforte.

Partendo dal monocordo posso studiare i rapporti pitagorici tra le note e capire i dubbi di Zarlino:

Monocordo e le misure pitagoriche



Zarlino mette in dubbio la perfezione matematica proposta da Pitagora. Mario lo spiegava così ai suoi studenti: presa per comodità l'ottava di una tastiera:



ricordiamo che secondo Pitagora i rapporti relativi tra note sono
 quinta C/G = 2/3 quarta D/G = 3/4 sesta C/A = 3/5
 dunque: fissato C,
 A sarà 1/5/3 di C; D sarà 1/2/3 di A; G 1/4/3 di D; e C è 1/2/3 di G...

dunque se parto da C accordando l'ottava secondo Pitagora
 ottengo un C... diverso ... stonato ... , infatti:

$$5/3 \times 2/3 \times 4/3 \times 2/3 = 80/81 < 1$$

allo stesso modo se accordo una tastiera del piano per quinte
 perfette non c'è più accordo tra ottave

www.collezionemaggi.altervista.org

Fig. Zarlino, il monocordo, i rapporti tonali

" Dubbio sopra la inuentione di Pithagora, se nelle Canzoni seguitiamo cantando gli interualli prodotti da i veri, et sonori numeri, ouero li mostrati; et della solutione di alcuni altri dubbij...Della compositione del Monochordo Diatonico diatono, inspessato dalle chorde Chromatiche, et dalle Enharmoniche ...Della compositione del Monochordo diatonico equalmente temperato, et ridotto al numero delle chorde Pithagorice " (da Zarlino)

Mario è soprattutto "uomo di fantasia" affascinato dalla possibilità che la ricerca del compromesso nell'accordatura e genericamente in musica sia matrice di emozione. Per spiegare questa sua "predisposizione" all'armonia scherzava spesso quando argomentava spiegando la crisi moderna del fondamento musicale trastullandosi con un ignoto concetto come la "musica non euclidea..." o una complessa "man di Guido"

Pur consapevole della semplificazione è possibile immaginare una accordatura secondo metodi diversi e capire come sia stato necessaria uno standard di intonazione come l'attuale temperamento equabile:

fisso i rapporti naturali a 3/2 per la quinta; 4/3 per la quarta; 5/4 per la terza; 5/3 per la sesta e 1/2 per l'ottava; inoltre indico le le armoniche naturali secondo criteri proporzionali per frequenza

$$Do_1 = n ; Do_2 = 2n ; Sol_2 = 3n ; Do_3 = 4n ; Mi_3 = 5n ; Sol_3 = 6n ; Sib_3 = 7n ; Do_4 = 8n ;$$

Intonazione Pitagorica:

- 1) parto da Do1 = n ricavo la quinta della frequenza trovando il Sol1 a $(3/2)n$
- 2) dal Sol1 la quinta successiva che è Re2 a $3/2 * (3/2)n = (9/4) n$
- 3) ricavo Re1 a $1/2 * (9/4) n = 9/8$
- 4) verifico che il tono Do1-Re1 vale $9/8$
- 5) Ora usano i rapporti di quinta e ottava si possono ricavare tutte le altre note arrivando a individuare il valore del limma o semitono a $256:243$
- 6) uno strumento così accordato sostanzialmente può suonare solo in Do: cambiare tonalità significa cambiare i rapporti proporzionali tra le note, inoltre la terza e la sesta risultano troppo discordanti dal valore teorico rispettivamente di $5/4$ e $5/3$

Intonazione naturale

Intervenendo per ristabilire i giusti valori di terza e sesta si perde uniformità negli intervalli e di conseguenza si devono accettare rapporti di tono maggiore abbiamo a $9/8$, di tono minore a $10/9$ con semitoni diatonici a $16/15$ e semitoni cromatici a $25/24$ mentre la quinta diventa quinta stretta con valore $40/27$. Il risultato è che l'accordatura degli strumenti come pianoforte e clavicembalo diventa più complessa mentre risulta più vicina alle caratteristiche di intonazione di strumenti come il violino.

Intonare e accordare:

Dopo le fondamentali esperienze all'Odeion di Atene, felice fu l'incontro di Mario con Pierluigi Anelli, nella omonima fabbrica cremonese di pianoforti, che gli donò il proprio metodo di accordatura.

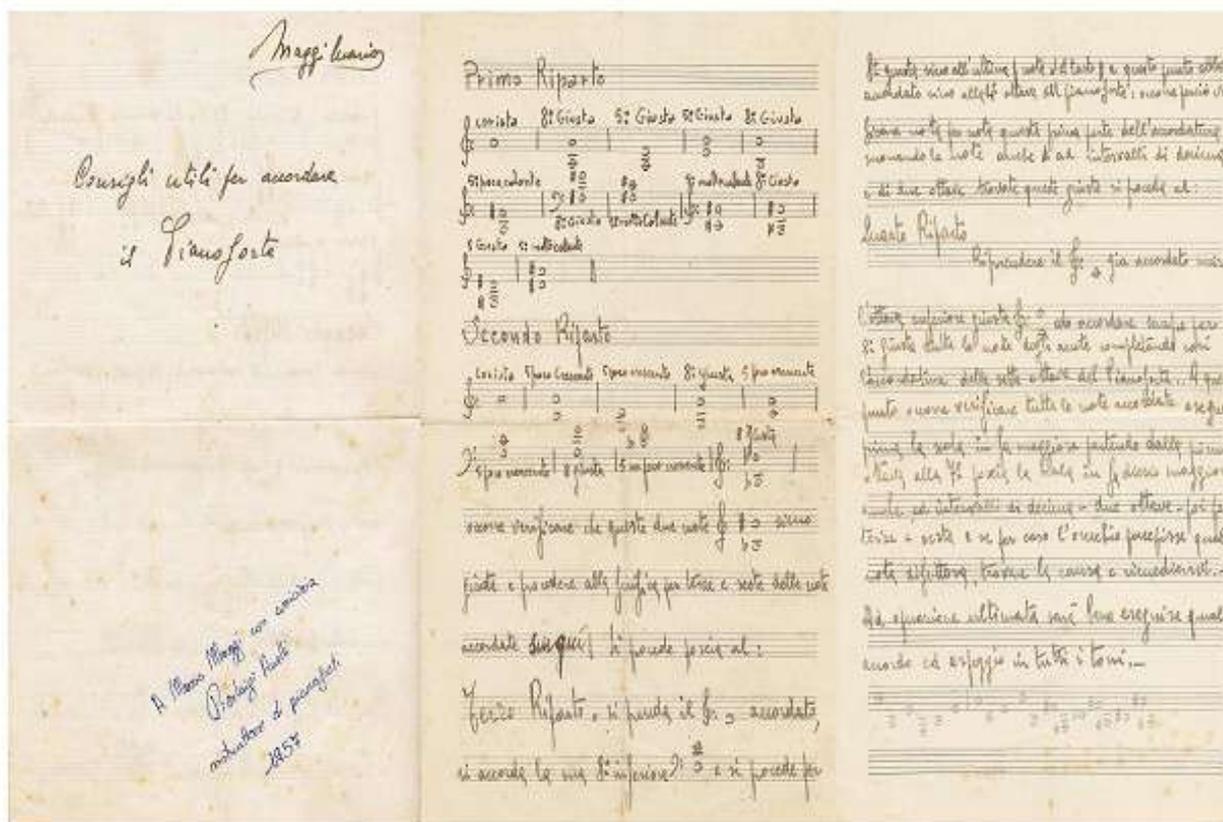


Fig. Metodo di accordatura di Anelli

... ma non è sufficiente .Dalla teoria al pragmatismo: le corde? Come prepararle?

APPARECCHIATURA PER PRODURRE CORDE FILATE

" Non sarà, cred'io, discaro al mio lettore, che io qui gli descriva una picciola semplicissima macchinetta, e l'uso gliè ne additi per filarsi, e ricoprirsì d'argento da sé i cordoni".

Francesco Galeazzi (1791)



Nota	diametro in mm	torsione fili o budelli
mi (violino)	0,65-0,72 mm	media con n°3-4 budelli (il cantino in budello fu sostituito con acciaio nel 1920)
la (violino)	0,80-0,980 mm	3 budelli; torsione alta
re (violino)	1,10-1,20 mm	8 budelli; torsione alta
sol (violino)	2,06 mm (espresso in budello eg.)	corda filata in Argento
5ª corda basso viola e 1ª corda di tiorba		50 "pois avec l'afresle"

Le corde di budello formate da fili o budelli, assemblati con collagene e spesso trattati.

Corde filate d'argento o rame già esistevano nel 1687 (Rousseau – Traité de Virole) e corde di ottone e acciaio e cantino di budello venivano raccomandate per la viola d'amore nel 1703 (Brossard-Dictionnaire de Musique); ferro e ottone per clavicembali.

La tensione nelle corde di chitarra e di violino sono calcolate con tensione in diminuzione: dai 9-10 e Kg per il cantino sino ai 6 Kg circa per il sol.

Paganini così descrive le corde per il suo violino " Mi mancano i cantini. Io li desidero sottilissimi [...] Quantunque tanto sottili devono essere di 4 fila per resistere. Badate che la corda sia liscia, uguale, e ben tirata".



Fig. Strumenti per produrre corde filate

e viola da gamba ...



Viola in Silvestro Ganassi
Lezione seconda 1543

TASTI	TESTO IN GANASSI	X= rapporto di suddivisione della corda vibrante	Intervallo in cents	Scala di Zarlino
1ª	... al qual fa l'effetto del semitono minor	$x = 15/16 = 0,93$	111,73	re♭
2ª	... proporzione sesquiquarta	$x = 8/9 = 0,88$	203,91	re
3ª per RASONE	... torai quella medema distanza che è dal primo al secondo	$x = 8/9 - (15/16 - 8/9) = 121/144 = 0,84$	301,27	
3ª per PRATICA	... semiditone o voglia dire terza minor	$x = 5/6$	315,64	mi♭
4ª per RASONE	... al vero mezzo tra il terzo ed il quinto tasto	$x = 121/144 \left[\frac{(121/144 - 5/6) \cdot 1/2}{-229/288} \right] = 0,79$	396,87	
4ª per PRATICA	... consonanza di tono over terza major	$x = 4/5$	386,31	mi
5ª	... proporzione sesquialtera	$x = 3/4 = 0,75$	498,05	fa
6ª	... da poi, il sesto tasto sera terminato a mezzo dello spazio tra il quinto e settimo ma scemo cioè tienilo de dentro il compasso la grossezza del tasto	$x = [(3/4 - 2/3) \cdot 1/2] - 1/4 = 17/24 = 0,71$	596,7	
7ª	... proporzione sesquialtera	$x = 2/3 = 0,6$	701,95	sol
8ª	... et l'ottavo tasto per il suo terminosera que la medesima portino che è dal quinto al sesto	$x = 2/3 - (3/4 - 0,71) = 0,63$	806,07	

MODALITÀ DI ACCORDATURA del pianoforte
l'accordatura può seguire scansione e logaritmica con media delle quinte a 700 cents ovvero con distribuzione di quinte perfette e temperate secondo Werckmeister e Vallotti.
Fissata la quinta perfetta 3/2 a 701,955 cents, la quinta temperata di Werckmeister segue la formula = quinta perfetta meno 1/6 del comma pitagorico (23,46) = 701,95 - 1/6 (23,46) = 696,09. La quinta temperata di Vallotti segue la formula = quinta perfetta meno 1/6 del comma pitagorico (23,46) = 701,95 - 1/6 (23,46) = 698,04.

	C-G	G-D	D-A	B-F#	A-E	E-B	F#-C#	C#-G#	G#-Eb	Eb-Bb	Bb-F	F-C
logarithm	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
Werckm.	T	T	T	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Vallotti	T	T	T	P	T	T	P	P	P	P	P	T

Fig. L'accordo di Ganassi

Gioseffo Zarlino descrive nel capitolo XLVII della sua L'Istitutioni Harmoniche, il monocordo teorico, ovvero il clavicembalo dotato di intervalli per i generi diatonici e cromatici, con aggiunta di intervalli enarmonici. Nel suo saggio riferisce di uno strumento datato 1548 per dimostrare le sue teorie musicali. Questo strumento, costruito da Domenico da Pesaro, è stato dotato di semitoni maggiori e minori divisi in due parti in modo che l'intero tono sia diviso in quattro parti.

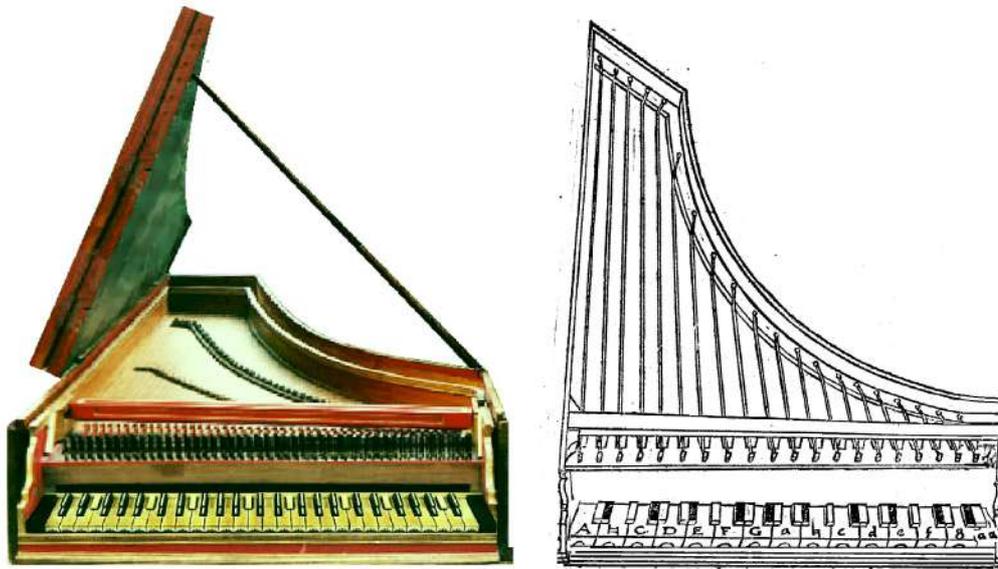


Fig. Il monocordo teorico

... una montagna di calcoli da farsi : semplice oggi con il computer ma prima? I Maggi non si arrendono e si dotano di un regolo calcolatore che anziché fare calcoli aritmetici offre immediatamente il rapporto di “accordo” tra note secondo il temperamento equabile con suddivisione logaritmica centesimale . Semplicemente fissando sul cursore il valore del La si possono ricavare immediatamente i valori hertziani di tutte le note o la sequenza teorica delle tastature della viola da gamba, chitarra ...

Allo stesso modo definendo il diapason di uno strumento musicale, come ad esempio una viola da gamba o una chitarra, il regolo dà immediatamente tutta la sequenza delle **misure** da applicare alle tastature per avere una accordatura equabile

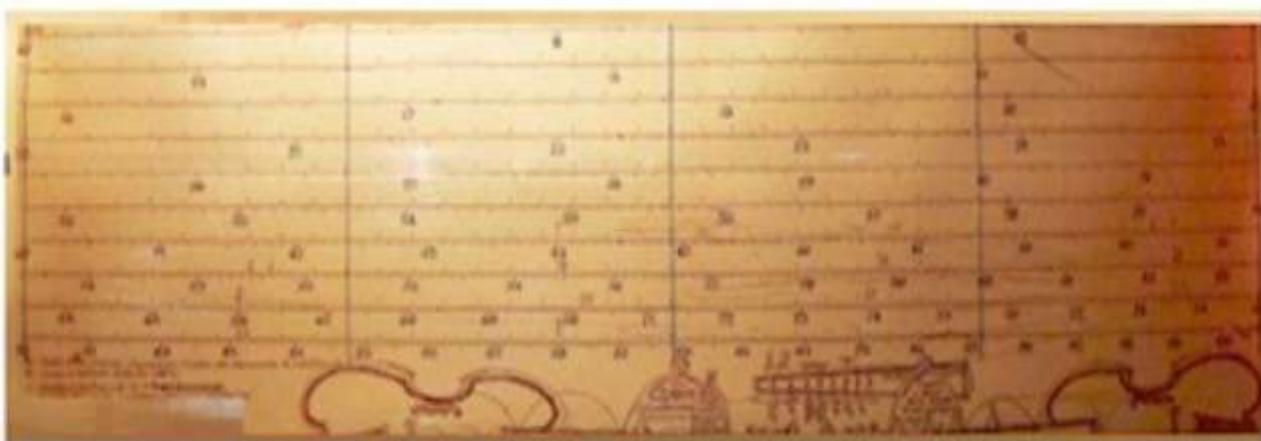


Fig. regolo accordatore

Ora Excel aiuta ad approfondire il calcolo in minor tempo e migliore approssimazione:

**IL PROBLEMA DELL'ACCORDATURA E DEL CALCOLO DELLE TASTATURE
AFFRONTATO CON ... SEMPLIFICAZIONI NON SEMPRE APPREZZATE DAL MUSICISTA**

IL PROBLEMA DELL'"ACCORDO" SI RISOLVE CON COMPROMESSI COME

**ALGORITMO LOGARITMICO
DEGLI ACCORDATORI ELETTRONICI**
in cui ogni tasto va collocato ad un valore

proporzionale a: $12\sqrt[12]{2} = 1,05946$

REGOLA GALILEIANA DEL 18

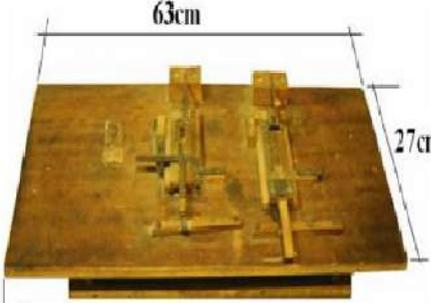
Vincenzo Galilei propone la regola detta dai liutai "regola del 18" in cui ogni tasto va collocato a 1/18 della corda libera lasciata dal tasto precedente

	A	B	C	D
1		scala	scale temperate	
2	tonica di do	pitagorica	logaritmica	"del18"
3	do	1	1	1
4	re	9/8=1,1250	1,1225	1,1292
5	mi	5/4= 1,2500	1,2599	1,266
6	fa	4/3=1,3333	1,3348	1,3405
7	sol	3/2=1,5	1,4983	1,5028
8	la	5/3=1,6666	1,6818	1,6848
9	si	15/8=1,8750	1,8877	1,8889
10	do	2	2	2

Fig. calcoli

e fisarmoniche ad ancia libera ...

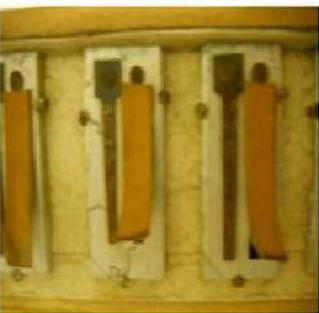
APPARECCHIATURA PER ACCORDARE ANCE D'ARMONIUM E FISARMONICA



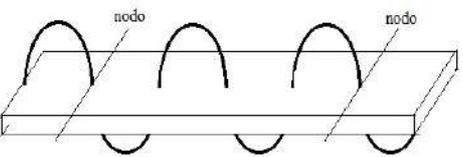



$f_1 = \frac{0,5596}{l^2} \sqrt{\frac{Q K^2}{\rho}}$

f_1 frequenza
 l lunghezza barra (cm)
 Q modulo di Young
 K spessore della lamina $\sqrt{12}$
 ρ densità

APPUNTI SULLA ACCORDATURA DI UNA PIASTRA DI VIBRAFONO



$f = \frac{0,05596}{L^2} \sqrt{\frac{Qk^2}{d}}$

f = frequenza
 L = lunghezza della barra (cm)
 Q = modulo di young's in dine per cm²
 k = spessore in cm
 $k = \frac{\sqrt{12}}{2}$
 d = densità per cm³

3 larghezza,
 2cm spessore,
 lunghezza:

- C=18 ◦
- B=18,5 ◦
- A=19,5 ◦
- G=20,5 ◦
- F=21,5 ◦
- E=22,5 ◦
- D=24 ◦
- C=25,5 ◦
- B=27 ◦
- A=28,5 ◦
- G=30 ◦

frequenza più bassa
 frequenza base
 frequenza più alta



Franchino Gaffurio nel trattato *Theorica musicae* del 1402 racconta che Pitagora, passando vicino ad una officina, dopo aver sentito i martelli di dimensioni diverse, percuotere metalli abbia avuto l'intuizione dei rapporti armonici musicali.

per una lamina dallo stesso spessore, densità, elasticità la formula si riduce a $f = \frac{cost}{L^2}$

la lunghezza della piastra per $cost = 1$ sarà $L = \sqrt{\frac{1}{f}}$

se $L = 1$ per una ipotetica frequenza $f = 1$ allora la lunghezza della barra per l'ottava $2f$ sarà $L = \sqrt{1/2} = 0,7$
 deduco che L acuto ($2f$) = $L \cdot 0,969$ circa per 12 volte es $30 \cdot (0,969)^{12} = 20,5$

www.collezione maggi.altervista.org

Fig. Accordatura d'ance e piastre

e organi regale ad ancia semplice, canne d'organo...

CANNE DI ORGANO : NOTE.FORMULE.SUGGERIMENTI prof maggi mario

<p>canne a sezione rotonda</p> <p>canne aperte</p> $L = \frac{C}{2F} - 2d$	<p>canne a sezione quadrata</p> $L = \frac{C}{2F} - 2,35 \cdot l$	<p>L=lunghezza canna C= velocità del suono =34400cm/sec F = frequenza d= diametro canna l = lunghezza canna l = lato canna</p>
<p>canne tappate</p> $L = \frac{C}{4F} - 2d$	$L = \frac{C}{4F} - 2,35 \cdot l$	

ESEMPI DI CALCOLO SEMPLIFICATO
PROGETTO UNA CANNA D'ORGANO A UNA CERTA FREQUENZA

$$\text{lunghezza canna in cm} = \frac{17200}{\text{frequenza}} - (2 \times A)$$

esempio frequenza 440
17200 diviso 440=39,1 (se la canna è larga 4 cm: farò 4x2=8
39,1- 8=31,1

AVENDO UNA CANNA D'ORGANO CALCOLO LA FREQUENZA

$$\text{frequenza} = \frac{17200}{\text{lunghezza canna} + (2 \times A)}$$

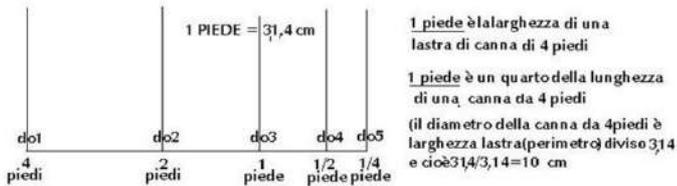
calcolo la frequenza di una canna lunga 45 e larga 4
frequenza = 17200 diviso (45 + 8) =464,8 (la diesis)

CHORTON:(un tono sotto al kammerton)Praetorius fissa le misure di due canne accordate esattamente in do chorton:

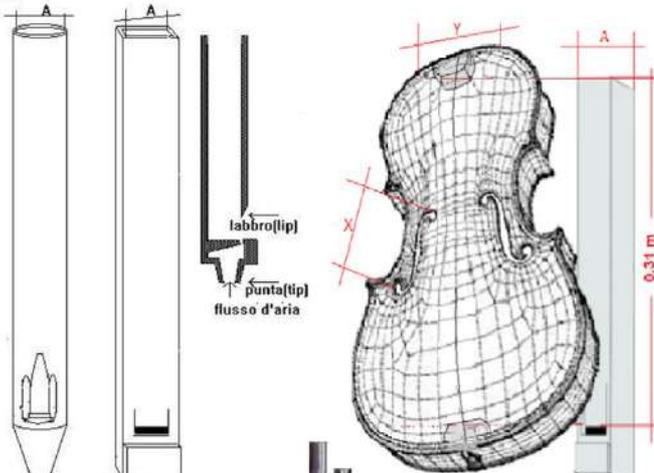
- 1° canna:lunghezza 12cm,lato2,6cm
- 2° canna:lunghezza 6cm,lato1,3 cm

DIAPASON ATTUALE:880[22°]-
DIAPASON A T°DIVERSA:893[30°]-870[15°]-847[0°]

RIDUCENDO IL FORO DI ENTRATA DEL FLUSSO (PUNTA) RIDUCO LA PRESSIONE DAL MANTICE
RIDUCENDO IL FORO AL LABBRO ABBASSO LA PRESSIONE NECESSARIA ALLA CANNA



FREQUENZE SCALA CENTRALE	NOTAZIONI IN USO PER:		
	DO BASSO	DO CENTRALE	DO ACUTO
C4 261,626	C3	C4	C5
♯C4 277,183	C2	C3	C4
D4 293,665	C2B	C40	C52
♯D4 311,127	C1	C	C ¹
E4 329,628	c	c'	c''
F4 349,228	c	c̄	c̄
♯F4 369,994	C	c	c'
G4 415,305	c ₇	c ₈	c ₉
♯G4 391,995			
A4 440,000			
♯A4 466,164			
B4 493,883			



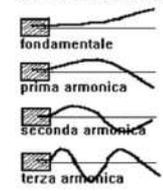
il valore di A = f(X,Y) nel violino influenza la frequenza dell'aria nella cassa



REGALE E ANCIA SEMPLICE

BARRA VIBRANTE

BARRA BLOCCATA AD UN LATO



$$f = \frac{0,05596}{l^2} \sqrt{\frac{Qk^2}{d}}$$

f = frequenza
l = lunghezza della barra (cm)
Q = modulo di young's in dine per cm²
k = spessore in cm
k₀ = spessore in cm
d = densità per cm³

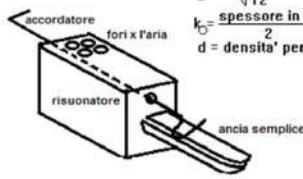


Fig. Accordatura del regale (strumenti della Collezione Maggi)

Il fascino della sintesi che offre la teoria permette di trovare la chiave per capire ad esempio il significato di qualità del suono applicato ad uno strumento musicale.

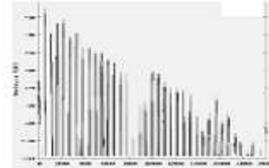
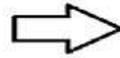


Joan Baptiste Fourier (1768-1850)

Ricerca chimica strumentale ed acustica trovano le basi analitiche nelle intuizioni di Fourier



forma d'onda



spettro normalizzato

Può una corda vibrare con un numero di frequenze diverse allo stesso tempo? E' possibile studiare la ricetta di vibrazione di un fenomeno acustico?

Questo problema occupò molti dei più grandi matematici e musicisti del diciassettesimo e diciottesimo secolo, tra cui Marin Mersenne, Daniele Bernoulli, la famiglia di Bach, Giovanni-le-Rond d'Alembert, Leonhard Euler, Ohm e Giovanni Baptiste Giuseppe Fourier.

Quest'ultimo elaborò la teoria dell'analisi armonica in cui un'onda periodica può essere espressa come somma di seni e coseni. Le frequenze coinvolte sono i multipli interi della frequenza fondamentale con un'ampiezza che può essere determinata da un integrale.

Nasce la cosiddetta "trasformata di Fourier", in cui il segnale è scomposto nella fondamentale e sue armoniche da cui: **indagini sulla natura degli armonici nell'analisi acustica** → **analisi del timbro**

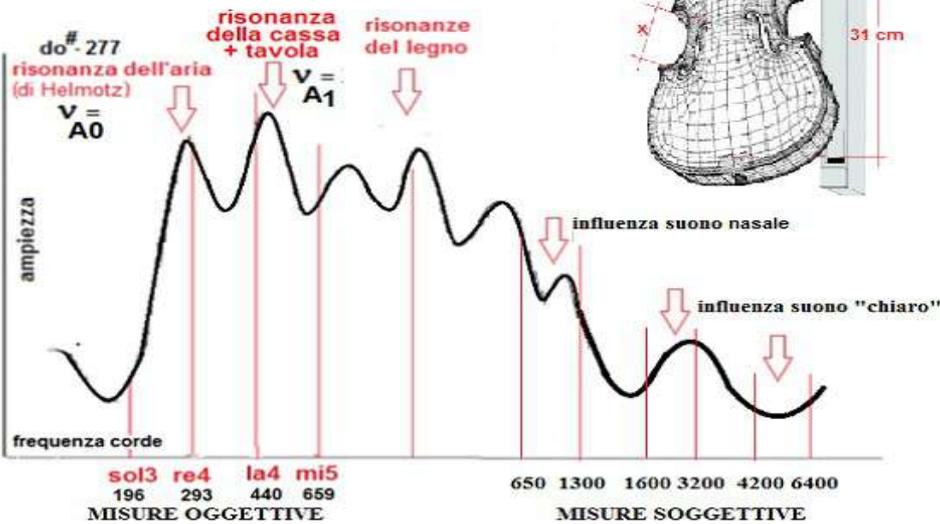
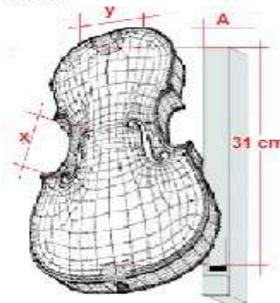
frequenza/intensità

MODELLO SPETTRALE

$v = 340/4 \cdot 0,307 = 277$ frequenza del do[#] dell'aria contenuta in una canna d'organo o cassa armonica di violino (variabile con le dimensioni delle ff e con la posizione dell'anima)

$v = 450-500$ Hz: frequenza della cassa armonica del violino in compliance con la frequenza della tavola

$$\text{frequenza} = \frac{8600 \text{ (circa)}}{\text{lunghezza} + [2 \times A] \text{ canna}} = 277 \text{ Hz (circa)}$$



Gli studi di Fourier applicati ad apparecchiature scientifiche hanno permesso lo studio di spettri

di indagini chimiche strumentali in IR sulla natura della materia → sua composizione

lunghezza d'onda/assorbanza

Fig. Fourier

Uno studio oggettivo questo che ha semplificato la comprensione di alcuni strani fenomeni acustici che inaspettatamente si possono avvertire suonando uno strumento a corde: "la nota lupo".

La “nota lupo” rappresenta una curiosa e inattesa vibrazione del corpo dello strumento quando entra “in conflitto” (in risonanza) con una ben definita frequenza emessa dalla corda. In alcuni casi per strumenti di minor qualità si amplifica ad ululato di sottofondo **forte e sgradevole** sia per l’esecutore che per l’ascoltatore. Il rimedio sta nella bravura dell’esecutore che sa gestirne le emissioni, si usa anche il cosiddetto “wolf suppressor”, smorzatori metallici che si adattano al tratto di corda fra ponticello e cordiera.

Quasi per paradosso, utilizzando apparecchiature che si basano sulla trasformata di Fourier, è stato possibile individuare i componenti base della ricetta delle vernici di famosi liutai ... (qualsivoglia corpo solido opportunamente sollecitato emette o assorbe particolari lunghezze d’onda) un percorso che ha permesso di realizzare all’IIS di Cremona particolari significative analisi chimiche e il sogno di un Museo che mettesse in mostra contemporaneamente Musica e Chimica ... la Wunderkammer del singolare prof. di violino.

Si chiese Mario dopo l’ennesima discussione quale fosse il vero significato di “orecchio assoluto” che l’amico musicista dichiarava essere prerogativa propria, unica ed esclusiva. Non riformulò l’indiscutibile osservazione che l’“orecchio” non era compreso dalla scienza fisica tra le sette grandezze assolute, non infierì tentando di spiegare che qualsivoglia nota è definita da frequenza che, essendo grandezza di vibrazione funzione del tempo, è per questo sempre e solo relativa, che non esiste una misura di riferimento univoca essendo il La 440 Hz variabile in ragione del repertorio eseguito ... L’amico udì il clacson di una automobile e tronfio di certezze dichiarò: Do diesis!!!. Mario imperturbabile estrasse dal suo taschino un minuscolo diapason in A, lo fece vibrare, lentamente lo portò all’orecchio e con noncuranza obiettò: Fa!

NOTE SU TIPI E DIMENSIONI DELLE CORDE ARMONICHE NEGLI STRUMENTI

MUSICALI :appunti bibliografici, tensioni, gravitazioni, tastature opportune
DICTIONNAIRE UNIVERSEL 1690 (BIBLIOTECA DI BERGAMO)

Le corde di violino sono di budello di montone; spinette, clavicembali salteri, utilizzano corde di ferro ed ottone

Le corde d’oro sul clavicembalo rendono il suono più forte di quello con corde di rame

La corda di ferro ha suono più fiacco di una corda di ottone perché risulta meno pesante e meno duttile

Marin Mersenne, nel 1636 indica per la corda di Mi del violino lo stesso diametro della quarta corda del liuto.

La sesta corda del basso di viola e la decima corda delle grandi tiorbe sono fatte di 50 filetti di budello

Le corde dopo essere state attorcigliate sono pulite con asprella

Le corde di budello rivestito con un sottile filamento metallico entrarono in uso tra il 1659 e il 1664 in Inghilterra, la Praetorius (1618) le prevede per corde risonanti in una curiosa viola bastarda.

Le corde in bronzo fosforoso hanno dimostrato una migliore qualità di suono e resistenza, si è studiata altresì la presenza del fosforo nella metallurgia del ferro in campioni di filo di ferro del XVIII sec. con quantità significative (0,1-0,2% p.), con carbonio praticamente assente. Una analisi recente su campioni di corde di clavicembali del XVIII secolo ha dato i segg. risultati in contenuto % di fosforo nel ferro :

Vater, Parigi, 1732 conservato al Chateau de Chambure, 0.1% P

Blanchet, Parigi, 1733 castello di Thoiry, 0.15% P

Shudi, Londra, 1782 a Chatsworth. 0.22% P

ENCICLOPEDIA ITALIANA DI GEROLAMO BOCCARDO -TORINO 1888

La 1° corda di violino era tirata con forza di 9 kg

La 2° corda di violino era tirata con forza di 8 kg

La 3° corda di violino era tirata con forza di 7 e mezzo kg

La 4° corda di violino era tirata con forza di 6 e mezzo kg

Da AZZOLINA (DA Musica e Strumenti 3 marzo 1980)

La forza media di una corda su uno strumento moderno è di kg 11

La gravitazione g esercitata dalla corda tesa con peso tensore t sul ponticello è :

$g = t(\cos\alpha + \cos\beta)/2$ dove alfa e beta sono gli angoli che la corda forma con il ponticello

PIANOFORTE: calcolo la gravitazione totale con ponticello = 0,3 cm

t medio = 78kg per corda a=90° b=87° 40'

$g = 78 (0 + 0,04071)/2 = \text{kg } 1,59$ gravitazione media per corda (in un piano da 210 corde)

tensione totale delle corde del piano = $78 \times 210 = 16380 \text{ kg}$ (max 20.000)

(gravitazione totale del piano = $1,59 \times 210 = 334 \text{ kg}$)

CLAVICEMBALO ITALIANO tensione totale delle corde = 400-500kg

CLAVICEMBALO FIAMMINGO tensione totale delle corde = 900-1000kg

VIOLINO calcolo la gravitazione totale con ponticello 3,3 cm

t medio = 7,5 kg (al capotasto) a = 77° b = 81°

$g = 7,5 (0,22495 + 0,15643) / 2 = \text{kg } 1,43$

tensione delle corde del violino = $7,5 \times 4 = 30 \text{ kg}$

gravitazione delle 4 corde di violino in totale = $1,43 \times 4 = 5,72$

(la gravitazione attualmente per un set di corde moderne può raggiungere i 22 kg)

1° CONSIDERAZIONE

(se aumenta l'altezza del ponticello diminuiscono gli angoli tra ponticello e corda, quindi aumentano i coseni degli angoli che sono dirett. Prop. alla gravitazione g ; dunque:

AUMENTANDO L'ALTEZZA DEL PONTICELLO AUMENTA g (perché altezza e g sono dirett prop. e perché diminuiscono gli angoli e quindi aumentano i coseni) e per compensare questo aumento devo diminuire la tensione delle corde t.)

Lo strumento antico ha un ponticello più basso del moderno perché ha corde di budello (non di acciaio) le quali andranno tese di meno dell'acciaio perché evidentemente meno resistenti ma incideranno con una gravitazione identica alle corde di acciaio sulla tavola: altra considerazione va fatta per la lunghezza del manico del violino e per la sua inclinazione)

2° CONSIDERAZIONE: ogni corda di qualsivoglia strumento esercita una pressione su un ponticello e quindi sulla tavola di abete di 1,5 kg mediamente : tale pressione dà i migliori risultati acustici . Le variabili : tensione, altezza ponticello, dovranno essere modificate per ottenere il valore di gravitazione di 1,5 kg

3° CONSIDERAZIONE: si ritiene che miglior suono si ottenga con una tensione ad un terzo del carico di rottura (che diminuisce con il quadrato del diametro della corda)

REGOLA DI THOMAS YOUNG (1800): NON SI PUO' GENERARE ALCUN MODO DI VIBRAZIONE CHE ABBA UN NODO NEL PUNTO IN CUI VIENE APPLICATA LA FORZA

PERTURBATRICE: ne deriva che :

pizzicando la corda ad un terzo della sua lunghezza si ottiene una ricetta in cui mancano il terzo, sesto, nono, modo---- mentre pizzicandola ad un settimo della sua lunghezza si ottiene una ricetta in cui mancano il settimo, quattordicesimo, ventunesimo modo (ciò è importante eliminare il settimo modo o armonico che non è accordato agli altri e può dare clangore)

PERCHE' IL SETTIMO ARMONICO DA' CLANGORE?

a) esempio di armonico (frequenza moltiplicato per 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10): C2(66)--C3(132)--G3(198)--C4(264)--E4(330)--G4(396)--B4 BEMOLLE(462)--C5(528)--D5(594)--E5(660)

b) esempio di scala temperata da C2(66) (frequenza success= frequenza prec. per 1,05946)

e frequenze multiple C2(66--132--264--528)--D(74,08--592,6)--E(83,15--332,6--665,2)--G(98,89--395,56)--B BEMOLLE(117,60--470,4)

Dall'esempio a e b si vede che i valori delle frequenze in armonica corrispondono ai valori delle frequenze nella scala temperata a differenza del settimo armonico =B bemolle
COME TOGLIERE IL SETTIMO ARMONICO? applico la regola di Young , dunque pizzico o percuoto la corda ad un settimo della sua lunghezza e cioè al 14,28% della lunghezza totale della corda(già nel '500 i clavicembali avevano punti di pizzico compresi tra 11 e 20%)

REGOLA PER CALCOLARE LE TASTATURE DELLA CHITARRA

$I = L / 1,05946$ $L = 1,05946 \cdot I$

esempio diapason iniziale $L = 100$

lunghezze successive (da ponticello a tasto) sino all'ottava=

$100 / 1,05946 = 94,4--89,1--84,1--79,4--74,9--70,7--66,7--63,0--59,5--56,1--53,00--50,0$

REGOLA MODIFICATA PER CHITARRA (che 4 mm medi di distanza tra corda e tastiera)

$I = L / 1,0582$ $L = 1,0582 \cdot I$

Nei clavicembali le ultime 4--8 corde erano di ottone anziché di acciaio(l'acciaio differiva dal moderno acciaio armonico perché molto più tenero e flessibile)

Nei clavicembali italiani la misura delle corde era legata al valore del do acuto (ottava più acuta del do centrale) che viene definito da Hubbard "scale" e è lungo da 24 a 27 cm. Il diametro delle corde varia da 0,4 mm a 0,15mm

Al Museo Stradivariano di Cremona sono conservate tre corde di viola (MS n 222) con la dicitura "A di agosto 1727 queste Quattro corde sono la grossezza per finire la viola a Quattro corde cioè il contralto"(diametri misurati = 1,1 mm, 1,23 mm e 1,65) . Si trovano anche tre corde per violoncello (MS n. 309) con la scritta "Queste sono le mostre del tre corde grosse quella mostra che sono di budelo va filata è vidalba" (diametri misurati = 1,5 mm, 1,55 mm, 1,95 mm).

Un set di corde per violino provenienti da Napoli e risalenti all'ottocento misurano 0,67 mm, 0,90 mm, 1,17 mm, 0,90 mm budello rivestita da filo di rame 0,17 mm

Parti di filo di rivestimento trovati in un virginale Rubiani hanno dato 0,19 mm di diametro François-Joseph Fétis (1784-1871) nel 1856.in Antoine Stradivari, luthier célèbre connu sous le nom de Stradivarius ... così approfondisce il problema delle corde: ***"Tartini, grazie ad esperimenti risalenti al 1734, misurò la pressione delle quattro corde sullo strumento pari a 63 libbre (equivalente a 489,5 grammi, mentre la libbra moderna equivale 453,6 grammi). È necessario osservare che le corde di Tartini erano più piccole che quelle montate adesso sui violini, e che il ponticello era più basso, di modo che l'angolo formato dalle corde al ponticello era considerevolmente inferiore. La prima corda richiedeva una tensione di 22 libbre per farle raggiungere la giusta frequenza di intonazione, e poco meno per le altre corde; perciò la pressione totale era circa 80 libbre. Dopo il 1734, la frequenza fu alzata di un semitono, gli strumenti montarono corde più spesse, e più acuto divenne l'angolo che formavano al ponticello. Si rese necessario sostituire le catene dei violini per meglio sopportare l'aumento della pressione dovuta all'aumento della frequenza di intonazione (quasi una differenza di un semitono tra la frequenza del 1830 e quella del 1856) fu determinante per la ricerca di una sonorità più brillante"***

L'accordatore individua una corda stonata, quando il suono emesso ha frequenza leggermente più bassa (calante), o più alta (crescente) di quella scelta come riferimento. Operando sulla giusta tensione l'accordatore raggiunge la tonalità ricercata eppure la nota a volte possiede ancora un noioso clangore ossia emette frequenze spurie ed è definita "falsa". Spesso il difetto è dovuto a materiale scadente o imperizia nella confezione della corda che

andrà rifatta. (il buon accordatore si accorgerà del difetto pizzicano con l'unghia la corda in tensione ...)

.Mario insaziabile nella sua ricerca musicale ed umana collabora con i Tallone, grandi costruttori di pianoforti con i quali discute di modelli di accordatura e propone ricerche sulla qualità delle corde per strumenti musicali.



Fig Tallone

...

Alla ricerca di sonorità Mario si appassiona alle corde in budello e immagina di riprodurle per suo studio e diletto come probabilmente facevano gli antichi colleghi nel medioevo. Si procura budella d'agnello o pecora, le sgrassa e mercerizza in miscele alcaline, e le essicca su telaio autocostruito. Si affanna alla levigatura con pomice o equisetto, che cresce sotto casa. Non disdegna di realizzare una concia con reattivi come bicromato o allume di rocca per aumentarne il peso specifico. (Giorgio, il chimico, non è estraneo a questi esperimenti...) Paradossali le esperienze vissute con il suocero sellaio alla ricerca di misteri giocosi nell'utilizzo di crini di cavallo ritorti per corde e lineari per archetti. L'esperienza di Mario lo aiuta nella produzione di corde filate con rame armonico per pianoforti ma anche con argento per strumenti a arco: recupera apparecchiature ormai oggi introvabili per la produzione di corde (il museo dell'ITIS Torriani di Cremona mostra alcune di queste donate dal prof. Maggi)

http://collezionemaggi.altervista.org/museo_liuteria_cremona/chimica_delle_corde.jpg
http://collezionemaggi.altervista.org/2022/2022_ALI_corde_armoniche_compressed.pdf

L'antico problema delle corde armoniche

Le corde di budello formate da fili o budelli, assemblati con collagene e spesso trattati, avevano le seguenti dimensioni (il cantino in budello fu sostituito con acciaio nel 1920)

Nota diametro torsione fili o budelli
 mi (violino) 0,67-0,72 media 3-4
 la (violino) 0,80-0,90 altare (violino) 1,10-1,17 alta
 sol (violino) corda filata in Argento

6^a corda basso viola e 10^a corda di tiorba 50 "poli avec l'aprele" asprella sorta di pianta erbacea molto ricca di silicio con effetto levigante

Le corde filate argento o rame già esistevano nel 1687 (Rousseau - Traite de Viole) e corde di ottone e acciaio e cantino di budello venivano raccomandate per la viola d'amore nel 1703 (Brossard- Dictionaire de Musique); ferro e ottone per clavicembali.

La tensione nelle corde di chitarra e di violino sono calcolate con tensione in diminuzione: dai 9-10 e Kg per il cantino sino ai 6 Kg circa per il sol.

Paganini così descrive le corde per il suo violino " Mi mancano i cantini. Io li desidero sottilissimi [...]. Quantunque tanto sottili devono essere di 4 fila per resistere. Badate che la corda sia liscia, uguale, e ben tirata ".

da Silvestro Gazzani Lettore secondo per della Pratica di suonare il violino d'arco da tutti 1545

collezionemaggi

La collezione di Mario Maggi possiede due "congegni meccanici per rivestire con rame anime di acciaio per pianoforte o con argento corde di budello per arpa e strumenti ad arco (il problema della manifattura di buone corde risonanti, spesso sottovalutato, si può far risalire alle note di Kircher e di Trichet e rimane ancor oggi reale: Mario ricorda, a questo proposito, la pignoleria degli amici Tamagni e Nazzari e la precisione di Joseph Ferigo, maestro insuperabile, accordatore al Regio Teatro di Atene e al Conservatorio dell'Odeion negli anni '40 e '50.) Molti si sono cimentati nel consigliare metodi per rivestire le corde dei bassi, tra questi Francesco Galeazzi (1791) così scrive:

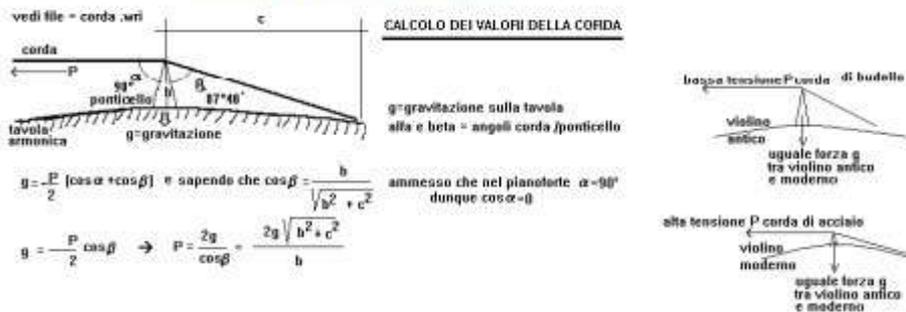
" Non sarà, cred'io, discaro al mio lettore, che io qui gli descriva una picciola semplicissima macchinetta, e l'uso glie ne additi per filarsi, e ricoprirsi d'argento da sé i cordoni".



Fig15 macchine per fabbricare corde armoniche

Apparecchiature sconosciute ai più ma testimoni di una storia che risale forse sin dai tempi di Leonardo che disegna nel 1515 la sua macchina per fabbricare corde

calcolo dimensionale



PROGETTO DI CALCOLO PER RICAVARE DALLE MISURE RILEVATE SU CEMBALLI, CLAVICEMBALLI, VIRGINALI: LA MISURA DEL DIAMETRO DELLE CORDE

DATI: g-gravitazione della corda dal ponticello alla tavola (mediante 1,5kg=1500
 P=peso tensore della corda - d=diametro corda - L-lunghezza corda - f=frequenza nota
 b=altezza del ponticello - a=densità in g/cm³= 8,5 per ottone
 c,c'= distanza della corda dal ponticello alle estremità
 $g = P(\cos \alpha + \cos \beta) / 2$; $P = 2g / (\cos \alpha + \cos \beta)$
 alla = 90° e $\cos \alpha = 0$ perché la corda risonante è praticamente parallela alla tavola
 e sapendo che $\cos \beta = \frac{b}{\sqrt{b^2 + c^2}}$ - approssimato $\cos \beta = \frac{b}{c}$ dunque $P = \frac{2 \cdot 1500}{(0 + \cos \beta)} = \frac{3000 \cdot c}{b}$
 dalla formula del diametro delle corde d:

$$d = \frac{1}{L} \sqrt{\frac{3000 \cdot P}{3.14 \cdot a}} = \frac{6.06}{L} \sqrt{\frac{P}{b}} = \frac{6.06}{L} \sqrt{\frac{3000 \cdot c}{b}} = \frac{332}{L} \sqrt{\frac{c}{b}}$$

l'accordatura delle anche di organo e fisarmonica



l'accordatura tra vibrazione del legno e colonna d'aria nella cassa armonica del violino

Il violino ha massimi di intensità nella frequenza emessa relativa alla vibrazione del legno e dell'aria contenuta nella cassa armonica.

Nei violini antichi la frequenza del legno è 415 sol diesis (l'antico diapason del La) mentre quello della cassa armonica di lunghezza 30,86 cm tra i zocchetti mentre la tavola misura 35,5cm e 277,18 (calcolo ottenuto da $f = \frac{340}{4 \cdot 0,3066} = 277,18$ Do diesis (l'antico diapason del Re))

Dunque la differenza tra risonanza nell'aria e nel legno si trova a una quinta di distanza.

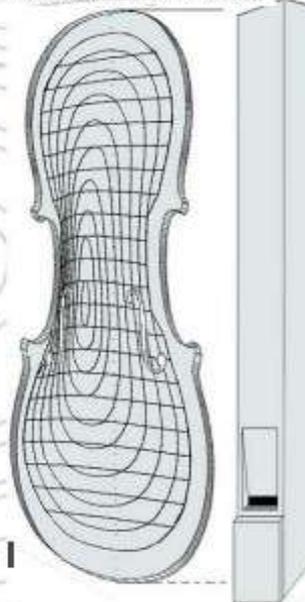
L'osservazione indica che il violino dovrà essere progettato tenendo conto

- a) della distanza tra gli zocchetti; aumentando la lunghezza diminuisce la frequenza max nell'aria;
- b) l'apertura dei fori delle ff (aumentando il diametro dei fori aumenta la frequenza max dell'aria);
- c) e) spessore del legno (diminuendo lo spessore della tavola al centro diminuisce la frequenza ovvero diminuendo lo spessore agli estremi aumenta la frequenza).

Tutto ciò per ottenere i massimi di risonanza ad una quinta e favorire la modulazione con gli armonici prodotti dalle corde.

Il max di risonanza del legno (tap tone) si sente battendo con le nocche nel punto (nodale) dove andrà a poggiare l'anima.

Il max di risonanza dell'aria si sente modulando le note vocalmente in prossimità delle ff.



collezioneMaggi

l'acustica della tavola può illustrarsi con immagini rielaborate dalle esperienze del Chladni e della Hutchins.

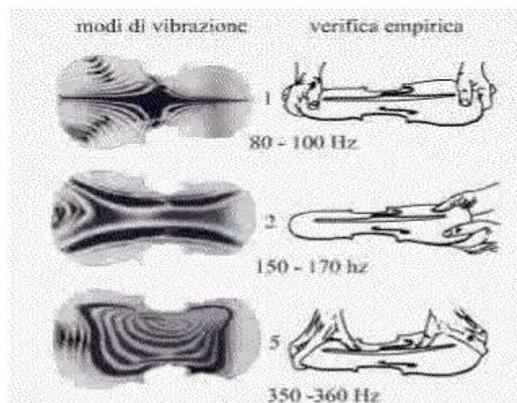
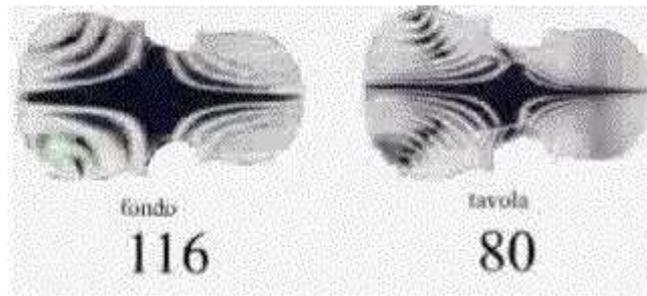
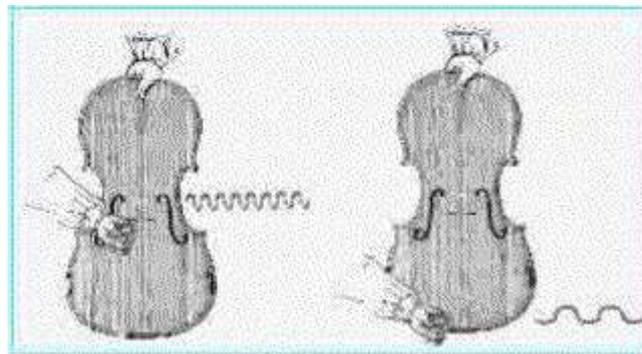


Fig. modi di vibrazione



www.collezionemaggi.altervista.org

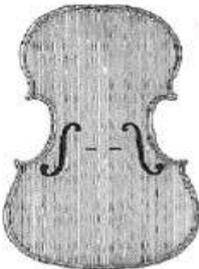
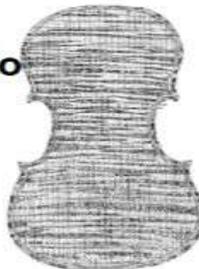
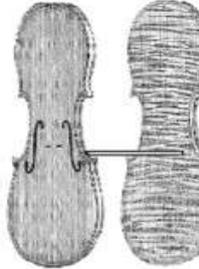
fig fondo e tavola



www.collezionemaggi.altervista.org

fig vibrazioni tra centro e periferia

M
MUSEO DELLA CHIMICA E DEL VIOLINO
IIS "J. TORRIANI"
 Giorgio Maggi

	tavola		
	fondo		
frequenza tavola		frequenza fondo	frequenze di
modo 1 = 80 Hz		modo 1 = 80 Hz	coppia
modo 2 = 160 Hz		modo 2 = 160 Hz	tavola 260 Hz
modo 5 = 350 Hz		modo 5 = 350 Hz	fondo 290 Hz
	cassa		A1 frequenza risultante

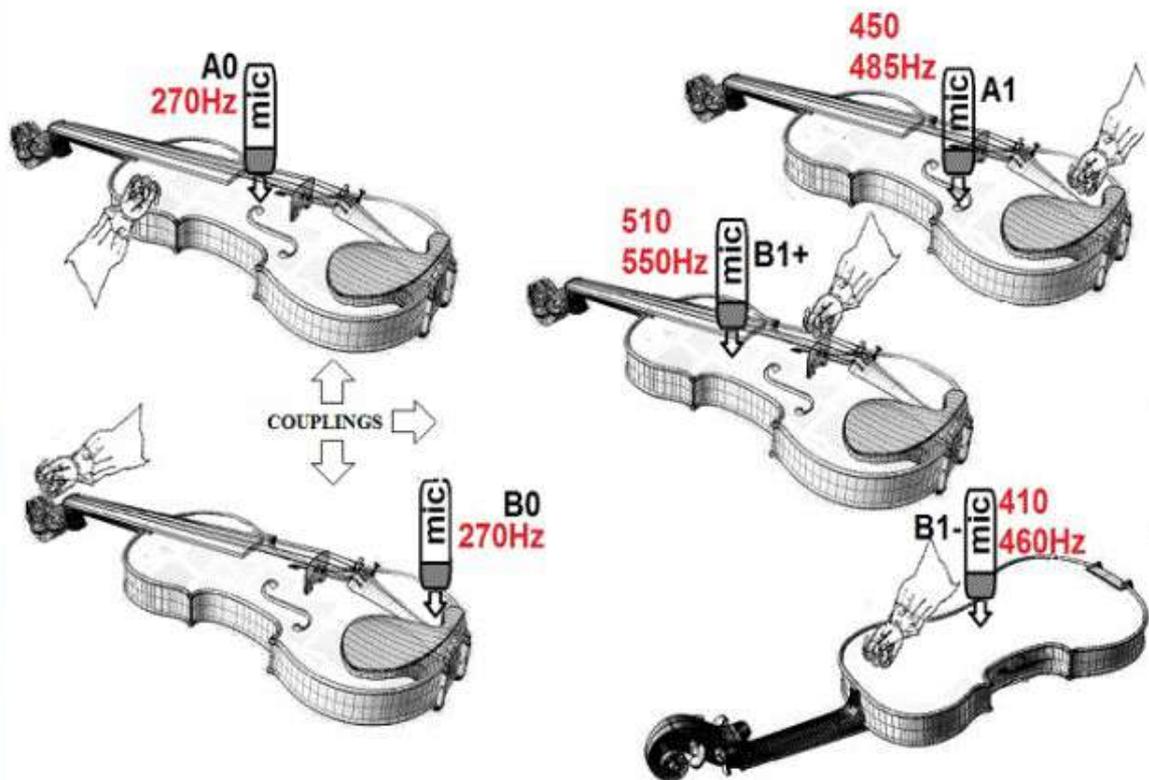
- A0, frequenza aria (varia con apertura ff)**
- B1-, frequenza fondo assemblato (varia con spessore)**
- B1+, frequenza tavola assemblata (varia con spessore)**
- B0, frequenza accessori (cordiera, manico...)**

fig. modi di vibrazione

...

Modi di vibrazione della tavola armonica

DAL LORO ACCOPPIAMENTO (COUPLING) NASCE LA QUALITA' ACUSTICA DEL VIOLINO



fig, modi di vibrazione sulla tavola

... una storia che giornalmente si rinnova ... “ **ci vedremo a priori**” ... diceva parafrasando forse Kant, “**se va bene ci accorderemo**” mentre da parte sua l'ingenuo collega tronfio di sicurezze magnificava di essere lui e solo lui l'erede di quelle ordinate acustiche non sapendo che già ai suoi tempi Dionisio sfruttava quell'antro a forma d'orecchio d'asino per carpire i segreti e la sensibilità dei suoi vicini.

http://collezione Maggi.altervista.org/santa_maria_maddalena/mario_maggi_giornata_musicale_i_primi_cinque_eventi_annuali.pdf

http://collezione Maggi.altervista.org/00%20curriculum/0_curricolo_Mario_e_Giorgio__al_2023_compressed.pdf