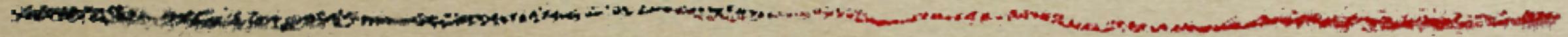


Informatica musicale: **musica e scienza**



Renato Caruso

www.renatocaruso.it

Consonanza e dissonanza

- La musica si basa sulla ragione o sul senso?
- Dibattito su consonanza e dissonanza
- Dal 1700 tutto cambia poiché si fanno passi avanti nella fisica acustica e il concetto di dissonanza (allora inteso come concezione matematica) rimane un problema culturale
- Diciamo che la musica si divide in musico-teorico ricordando l'approccio pitagorico-platonico e in musico-pratico con un approccio psicologico-sensoiale grazie a Galile, Aristosseno.

Pitagora

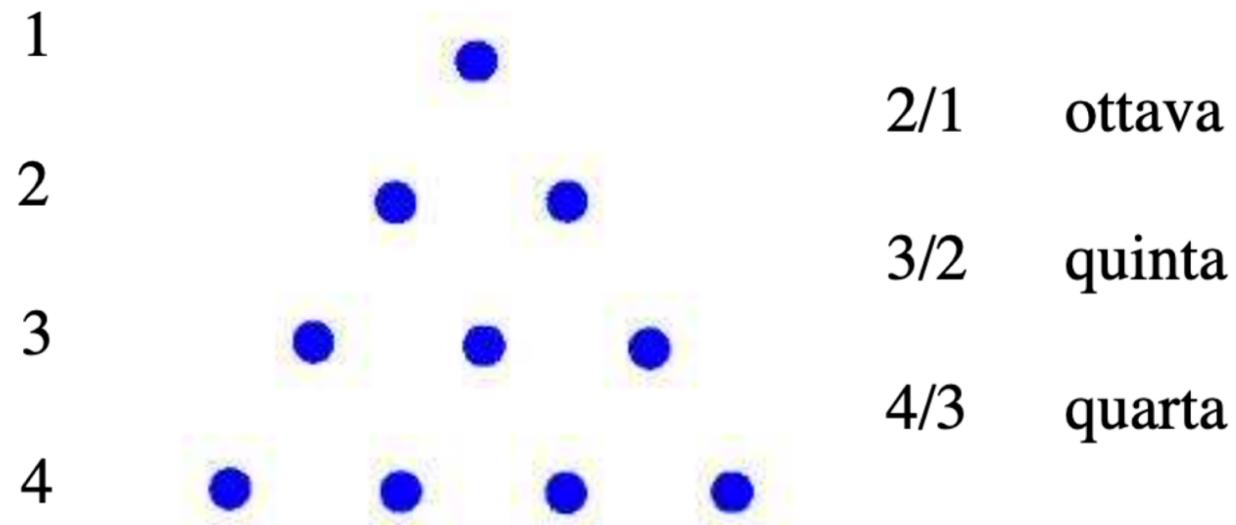
- La teoria musicale nasce con Pitagora, 575 – 495 a. C., il quale fu il primo a occuparsi di intervalli in modo aritmetico usando il monocordo
- Ai tempi di Pitagora non potevano essere misurate con precisione le frequenze assolute ma i rapporti
- L'intervallo di ottava è dato da 2:1 e il fatto che sia un numero naturale, subito dopo l'1, suggerisce l'idea che sia perfetto, consonante
- I $\frac{2}{3}$ della corda suonano SOL, e quindi un intervallo di 3:2, una quinta
- I $\frac{3}{4}$ della corda Fa, e quindi un intervallo di 4:3, una quarta
- I 3 intervalli perfetti erano considerati: diapason 8, diapente 5, diatessaron 4
- La teoria musicale greca si fonda sul tetracordo cioè 4 note discendenti come ad esempio:
la sol fa mi – 3 intervalli, 2 toni e 1 semitono
- 2 tetracordi potevano essere uniti per formare l'ottava
congiunti RE DO SI LA. LA SOL FA MI
digiunti RE DO SI LA. SOL FA MI RE

Pitagora

$$1 \quad 1 \cdot \frac{3}{2} = \frac{3}{2} \quad \left(\frac{3}{2}\right)^2 : 2 = \frac{9}{8} \quad \left(\frac{3}{2}\right)^3 : 2 = \frac{27}{16} \quad \left(\frac{3}{2}\right)^4 : 2 : 2 = \frac{81}{64} \quad \left(\frac{3}{2}\right)^5 : 2 : 2 = \frac{243}{32} \quad 1 \cdot \frac{2}{3} \cdot 2 = \frac{4}{3}$$

Niente poteva soddisfare maggiormente Pitagora, infatti i numeri coinvolti in questa costruzione della scala musicale non sono altro che 1, 2, 3, 4, cioè i numeri della Tetractis, considerata magica e simbolo di perfezione.

Tetractis



Pitagora

Scala pitagorica

SUONO	DO	RE	MI	FA	SOL	LA	SI	DO
GRADO	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
FRAZIONE	1	9/8	81/64	4/3	3/2	27/16	243/128	2
Rapporto intervallare		9/8	9/8	256/243	9/8	9/8	9/8	256/243

Nella scala pitagorica vi sono intervalli di tono con rapporto $9/8$ e intervalli di semitono con rapporto $256/243$ (semitono diatonico). Ma il prodotto di due semitoni non equivale a un tono:

$256/243 \times 256/243$ è circa 1,10986...mentre $9/8 = 1,125$.

Per ottenere il valore esatto di $9/8$ bisogna moltiplicare il semitono $256/243$ per $2187/2048$, valore detto "semitono cromatico".

Pitagora

semitono diatonico

semitono cromatico

256/243

X

2187/2048

DO | _____ | RE

Tono di 9/8

La differenza tra semitono cromatico e semitono diatonico è detta “comma pitagorico”.

In altre parole, il do diesis non coincide con il re bemolle essendo il tono di 9/8 diviso in due parti una più grande (semitono cromatico) e una più piccola (semitono diatonico):

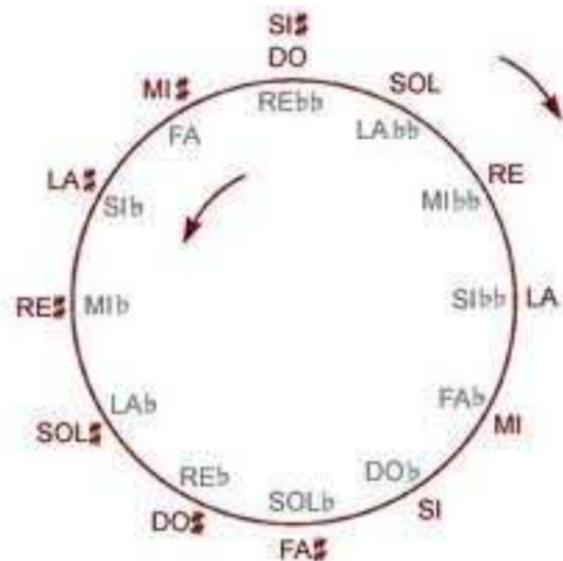
DO-DO# = semitono cromatico = 2187/2048

DO-REb = semitono diatonico = 256/243

Pertanto la nota DO# è più alta della nota REb.

Ciò crea molti problemi pratici, ad esempio rende difficoltosa la trasposizione di un brano, cioè lo spostamento di tutte le note di un certo intervallo.

Questo scarto fa sì che non si chiuda il cosiddetto circolo delle quinte, cioè dodici quinte successive ($12 \times 7 = 84$ semitoni) non equivalgono a sette ottave ($7 \times 12 = 84$ semitoni), nel senso che il giro non si chiude esattamente sulla stessa nota: $(3/2)^{12} = 129,7$ non è uguale a $2^7 = 128$.



PLATONE-ARISTOTELE

- Con i vari tetracordi era possibile definire una scala o modo che all'inizio erano 12 ma poi furono considerate 7 quelle perfette, chiamate poi ARMONIE
- LA TEORIA MUSICALE GRECA è ALLA BASE DELLA MUSICA OCCIDENTALE
- PLATONE dice: l'universo è strutturato sul modello degli accordi musicali.
- PLATONE condanna la musica come piacere puro sensoriale, al contrario di Aristotele, ma invita allo studio per la ragione come disciplina simile alla filosofia
- ARISTOTELE dice: la musica ha un potere catartico, come le altre arti, è una disciplina nobile
- SEVERINO BOEZIO, 476 d. C., riprende la teoria di Pitagora
- COPERNICO e KEPLERO si dedicano all'astronomia con intento di dare una veste geometrica all'armonia delle sfere.
- KEPLERO calcola i rapporti tra la velocità dell'afelio e del perielio ottenendo rapporti simili agli intervalli musicali.

Keplero

Pianeta	Rapporto perielio/afelio	Intervallo corrispondente
Saturno	2'15'' : 1' 46''	5 : 4 terza maggiore
Giove	5'30'' : 4'35''	6 : 5 terza minore
Marte	38'01'' : 25'29''	3 : 2 quinta
Terra	61' 18'' : 57'28''	16 : 15 semitono diatonico naturale
Venere	98'47'' : 94'50''	25 : 24 semitono cromatico naturale
Mercurio	394'0'' : 164'0''	12 : 5 ottava + terza minore

Fino al '500

- Intorno all'anno 1000 nasce la polifonia, insieme alla notazione scritta
- Nasce la figura del compositore
- Nasce il contrappunto, punctum è la nota quadrata, neuma
- Nel 1400/500 circa la scuola fiamminga produce una gran quantità di polifonie
- Qui nasce il concetto di triade, le terze sono gli intervalli che vengono intonati spesso
- Zarlino opera a livello matematico e allarga i numeri di 4 al 6 e introduce la terza maggiore $5/4$ e la terza minore $6/5$
- Ma non si risolve il problema del comma, anzi si hanno 3 diversi rapporti
- Non si chiude il circolo delle quinte
- I diesis non coincidono con i bemolle e la trasposizione crea stonature
- Si introduce la scala temperata nel 1600 che risolve il problema

Fino al '500

9/8, DO-RE, tono grande,
10/9, RE-MI, tono piccolo,
16/15, MI-FA, SI-DO, semitono diatonico

Ampiezza degli intervalli (in cent) nelle varie scale e relative correzioni rispetto alla scala naturale

nota	temperata	naturale	pitagorico	differenza temperata-naturale
Do	0.000	0.000	0.000	0.000
Do# o Reb	100.000	111.731	113.685	-11.731
Re	200.000	203.910	203.910	-3.910
Re# o Mi♭	300.000	315.641	294.135	-15.641
Mi	400.000	386.314	407.820	+13.686
Fa	500.000	498.045	498.045	+1.955
Fa# o Sol♭	600.000	590.224	611.730	+9.776
Sol	700.000	701.955	701.955	-1.955
Sol# o La♭	800.000	813.686	815.640	-13.686
La	900.000	884.359	905.865	+15.641
La# o Si♭	1000.000	1017.596	996.090	-17.596
Si	1100.000	1088.269	1109.775	+11.731
Do	1200.000	1200.000	1200.000	0.000

Vincentio Galilei

- V. Galilei studia con Zarlino ma presto si interrompe la loro amicizia
- V. è liutista, compositore, cioè la suona non la teorizzava con Zarlino, scrive intavolature
- Si appella alla scuola di pensiero di Aristosseno (IV sec a.C.) dove affiancava l'importanza percettiva a quella dell'intelletto
- Aristosseno primo ideatore del temperamento equabile
- V. dice che per avere un'ottava si deve avere una quadrupla proporzione, per una quinta una proporzione fra i pesi di $9/4$, per una quarta $16/9$ quindi tutto elevato al quadrato proprio perché non è solo la lunghezza a definire la frequenza ma anche la tensione
- Quindi si eleva al quadrato tutto da $2:1$ $3:2$ $4:3$

Galileo Galilei

- G. anche lui musicista, fisico e matematico
- Si dice che il metodo sperimentale nasce dal padre e che prima si ha una rivoluzione musicale e poi quella scientifica data dagli esperimenti.
- Parallelamente a Marsenne scoprono che la vibrazione dipende dalla lunghezza, sezione e tensione di una corda

lunghezza, sezione e tensione: $v_n = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$, dove v_n è la frequenza dell'n-esima armonica, T è la tensione della corda, L è la lunghezza della corda e μ è la massa per unità di lunghezza, cioè $\mu = \frac{M}{L} = \frac{dSL}{L} = dS$. In questa formula si legge quindi chiaramente quanto Galileo afferma di aver provato tramite l'esperimento, che, cioè, la frequenza dipende in modo inversamente proporzionale dalla lunghezza della corda e dalla radice della sezione, mentre dipende in modo direttamente proporzionale dalla radice della tensione. Sarebbe da stabilire a chi attribuire la paternità delle legge

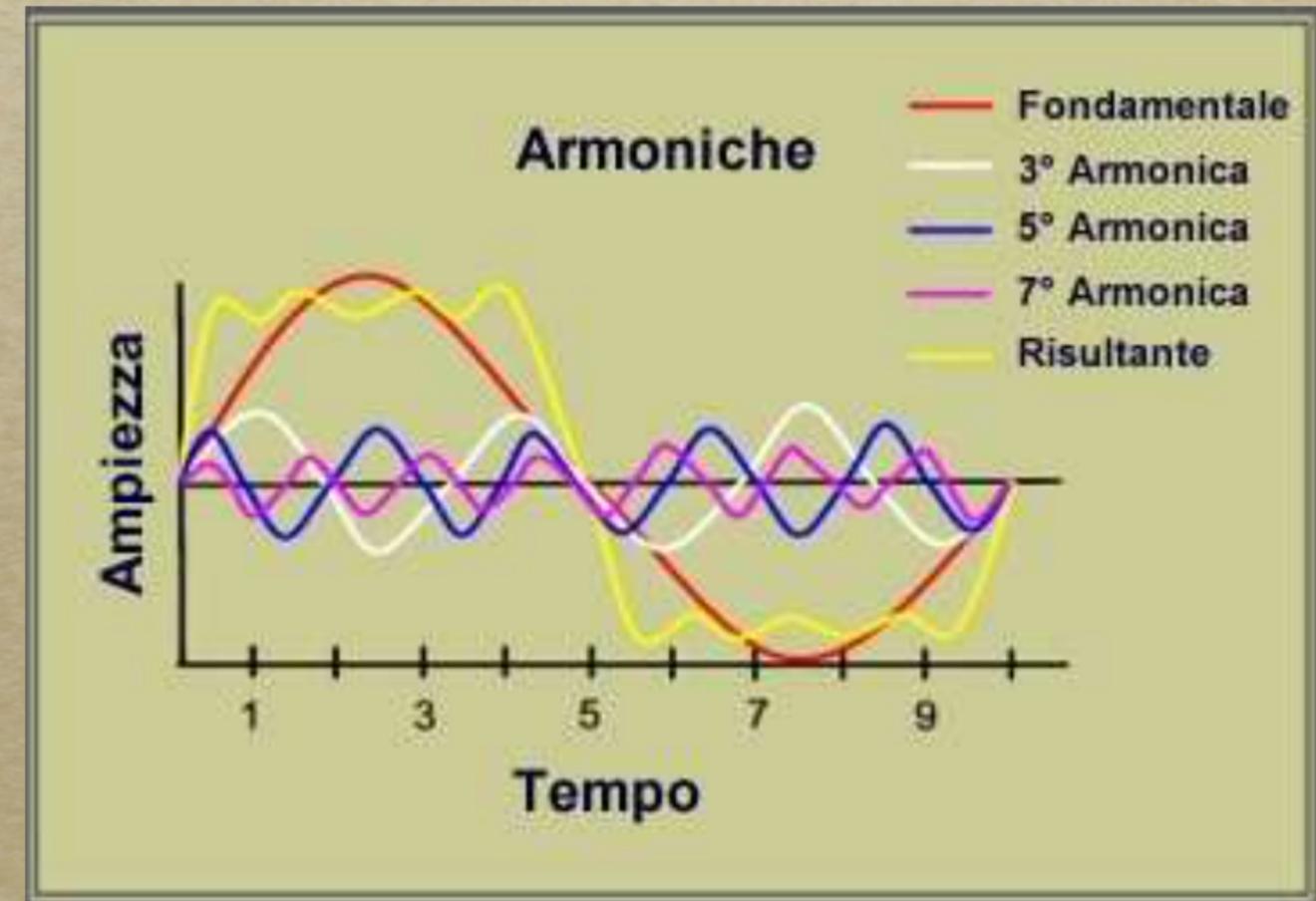
Galileo Galilei

- G. capisce il fenomeno dei suoni armonici grazie all'isocronismo del pendolo
- G. capisce che non è solo la lunghezza della corda ma anche la tensione e il materiale
- G. capisce ancora la frequenza propria di vibrazione di un corpo e quindi la «simpatia»
- Risonanza
- G. apre le porte a quella disciplina che poi diventerà l'acustica musicale

“tre sono le maniere con le quali noi possiamo inacutire il tuono a una corda: l'una è lo scorciarla; l'altra, il tenderla di più, o vogliam dir tirarla; il terzo è l'assottigliarla. Ritenendo la medesima tiratezza e grossezza della corda, se vorremo sentir l'ottava, bisognerà scorciarla la metà, cioè toccarla tutta, e poi mezza: ma se, ritenendo la medesima lunghezza e grossezza, vorremo farla montare all'ottava col tirarla più, non basta tirarla il doppio più, ma ci bisogna il quadruplo, sì che se prima era tirata dal peso di una libbra, converrà attaccarvene quattro per inacutirla all'ottava: e finalmente se, stante la medesima lunghezza e tiratezza, vorremo una corda che, per esser più sottile, renda l'ottava, sarà necessario che ritenga solo la quarta parte della grossezza dell'altra più grave”.

...nomi

- Marin Mersenne
- Joseph Sauveur (1653-1716), il primo ad usare termini come acustica, nodo, ventre,...
- Jean Baptiste Fourier, scomposizione di segnali
- Helmholtz (1821-94): risuonatori, frequenza propria
- Per Helmholtz la consonanza o dissonanza dipende da quante armoniche si hanno in comune, quindi Un'ottava ha molto in comune con quella successiva. Ma sappiamo anche che sono questioni di cultura e Abitudine





- La polifonia diventa così complessa da oscurare i testi cantati, non si capiva più niente
- Nasce la Camerata De Bardi/Camerata Fiorentina (V.G., ...) che esalta il testo e quindi nasce l'Opera in musica o melodramma
 - Si ha un ritorno alla musica greca
 - Si andava verso una musica per teatro, coreografie, scenografie, l'immagine...
 - Da musica riservata a musica per il pubblico
 - La musica deve essere priva di madrigalismi cioè piena di abbellimenti e ornamenti
 - La musica grazie anche a V. G. e la camerata fiorentina avrà un proseguo operistico
 - Monteverdi (1567-1643), Dapprima madrigalista, poi si rifà alla camerata fiorentina, attribuendo un valore al testo greco, opera che Galilei contribuì

Ringraziamenti

- Ringrazio le proff. Elisa Dardanelli e Fabrizia De Bernardi per l'articolo scritto magistralmente dove io attingo questo slide