Fisica e Musica

Natura e cultura nella poetica musicale

Sergio Giudici

Università di Pisa

Dip. di Fisica “Enrico Fermi”

Di cosa vogliamo parlare ?

Alcune cose sono naturali altre culturali...

Esempio: nutrirsi (natura) , cucinare (cultura)

L'opposizione bianco/nero è naturale o

La prassi musicale ha fondamento naturale o è solo artificio ?

Melodie e Armonie hanno un significato "naturale" o solo convenzionale

Perchè parlare di musica è difficile ?

La musica è asemantica : Non c’e’ denotazione univoca
(la musica non indica oggetti ma al più evoca sentimenti)

Imparare a “leggere la musica” richiede tempo e fatica!

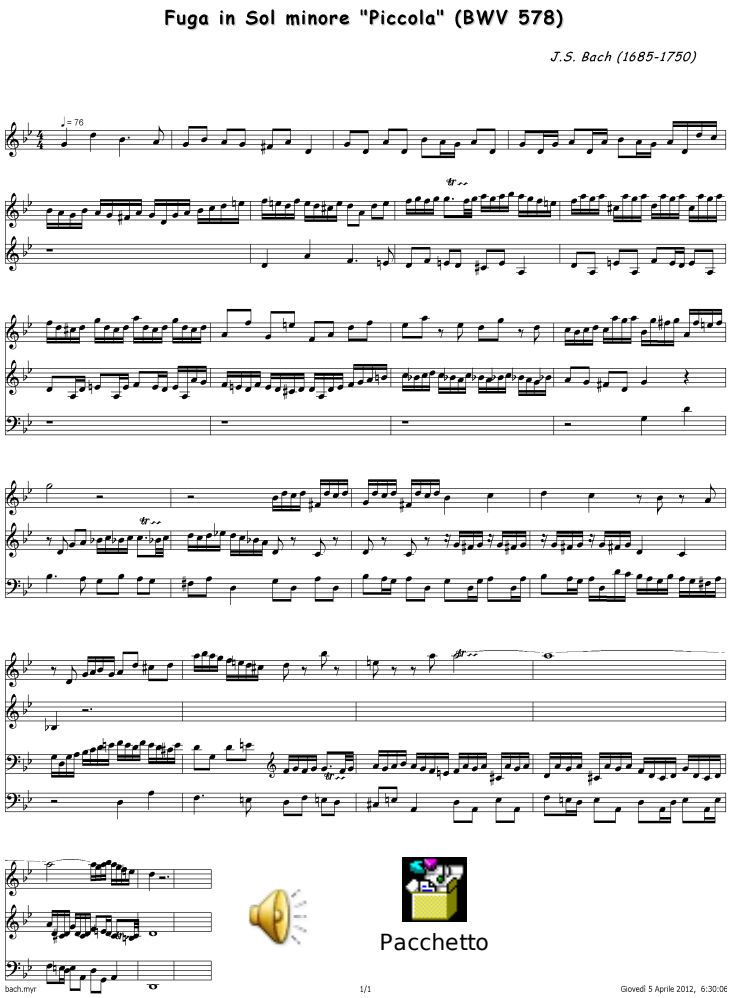
Molti non sanno dare un nome al suono che ascoltano
Solo chi pratica la musica sa riconoscere un accordo (maggiore, minore, settima..)

Facciamo un esperimento…

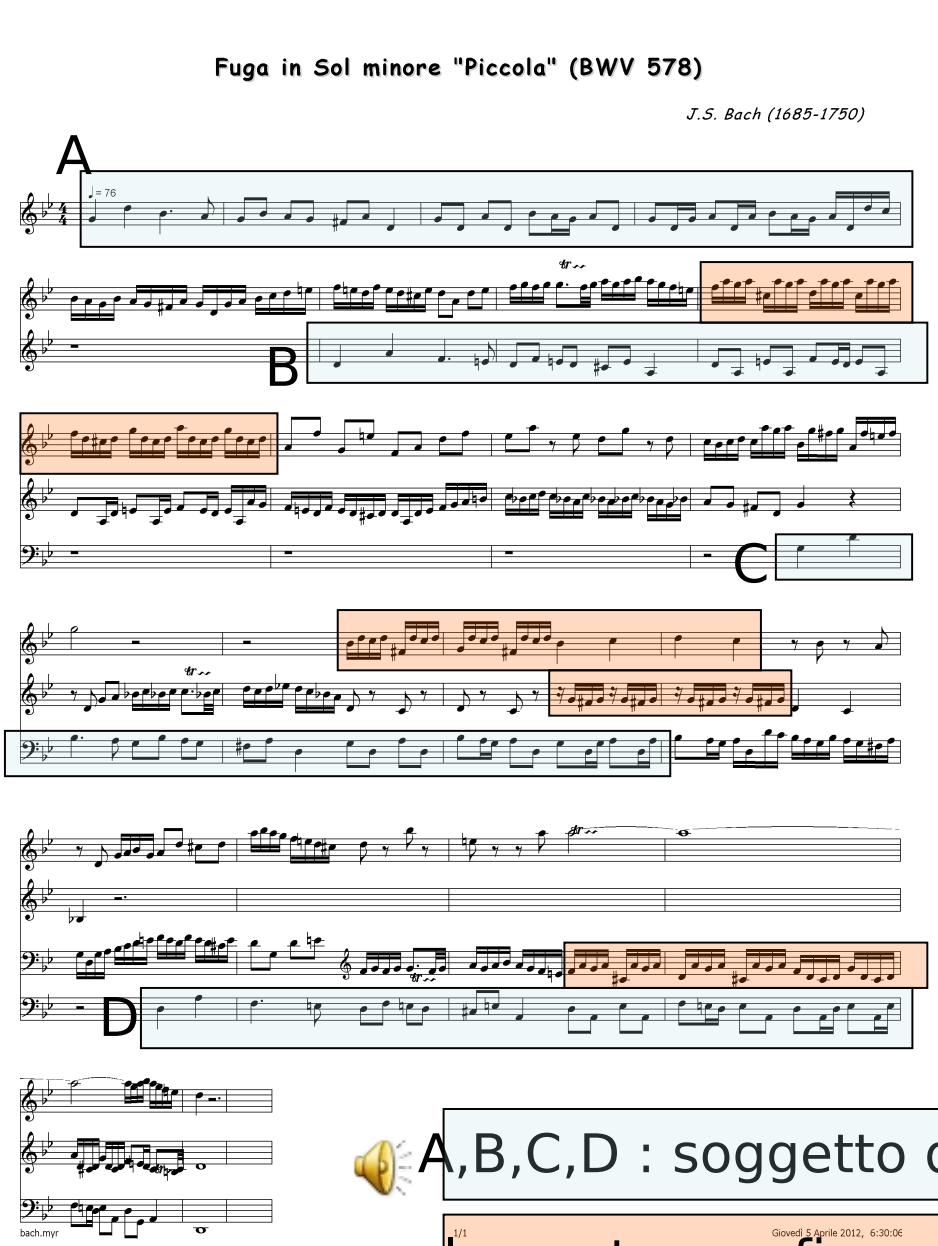
Descrivete questo quadro...

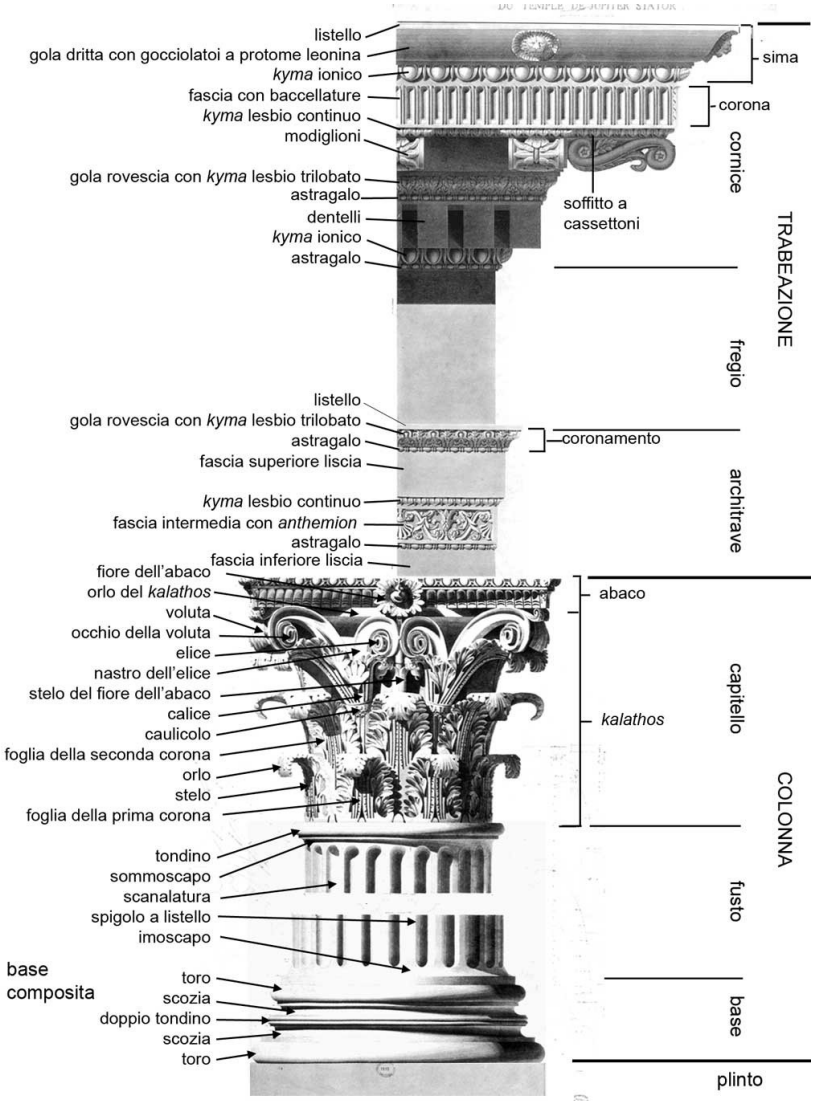
Paolo Veronese, (1570 ca.)
Torino, Galleria Sabauda

Ora descrivete questo...



Pacchetto

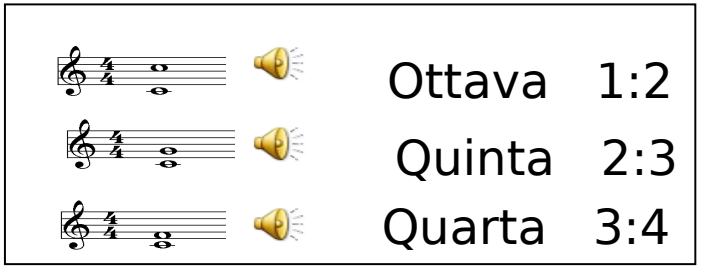




A,B,C,D : soggetto della fuga

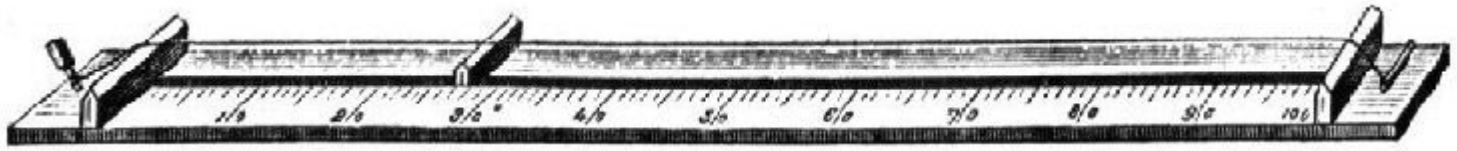
elemento con figure simmetriche

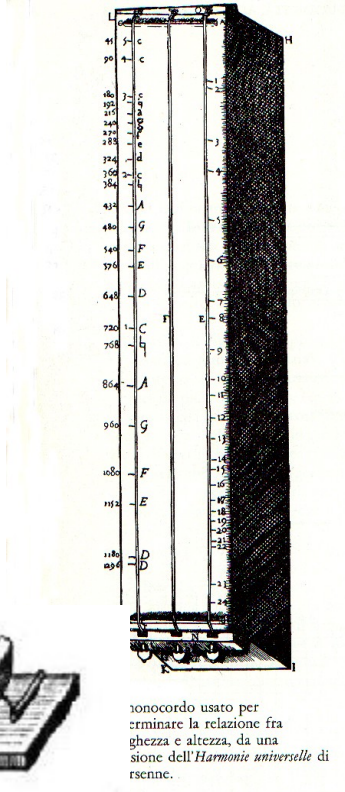
Pitagora e le consonanze Perfette



Intervalli consonanti

Intervallo dissonante





onocordo usato per
erminare la relazione fra
ghezza e altezza, da una
sione dell'*Harmonie universelle* di
rsenne.

<<Prima di Pitagora non c'era nessuna scienza musicale, nella successione Dei suoni non si scorgeva altro se non il sentimento che essi esprimevano Nell'istante in cui l'anima ne era toccata>>

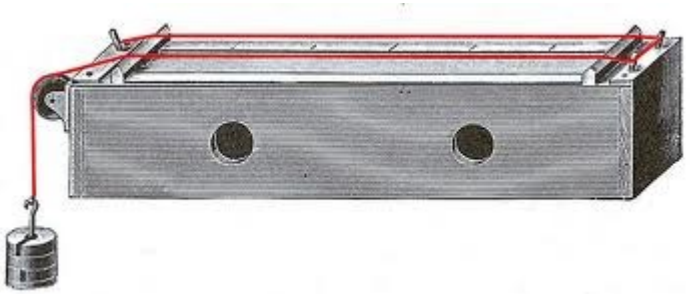
(P.Estève , Nouvelle Découverte du principe de l'Harmonie , 1752)

Musica e Rivoluzione Scientifica

<< Dico che la ragione prima e immediata da cui Dipendono i rapporti tra gli intervalli musicali non è né la lunghezza delle corde, né la loro tensione, né la loro grossezza, ma la proporzione esistente tra le frequenze delle vibrazioni e dunque delle onde che, propagantesi nell'aria, colpiscono il timpano dell'orecchio facendolo vibrare >>

(Galileo 1638)

Legge di Pitagora-Galileo

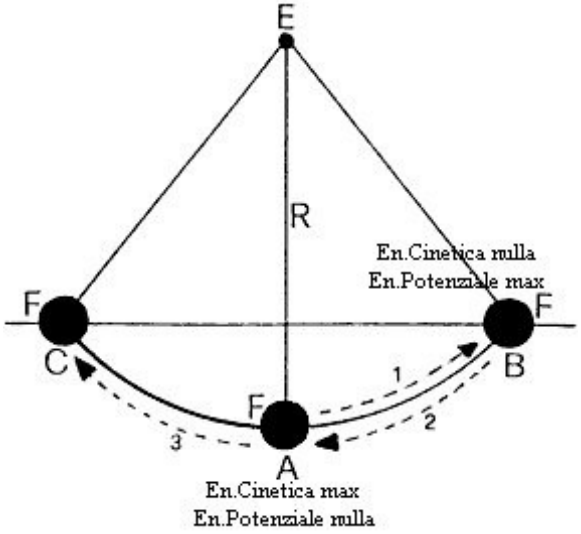


ν = frequenza di vibrazione
L = lunghezza della corda
Mg = Forza peso: tensione della corda
ρ = densità della corda
S = sezione della corda

$$\nu = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{mg}{\rho S}}$$

Oscillazioni e Musica

Ogni sistema meccanico può compiere oscillazioni intorno al proprio punto di equilibrio



Moto **armonico** del pendolo

$$\theta(t) = A\cos(\omega t)$$

$$\mathbf{T = 2\pi/\omega} \quad \textbf{(Periodo)}$$

$$\nu = 1/T = \omega/2\pi \quad \textbf{(Frequenza)}$$

Onde: definizioni e terminologia

Onda = propagazione di energia senza trasporto di materia

$$y = A\cos\left[2\pi\left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T}\right)\right]$$

Onde concentriche 2D

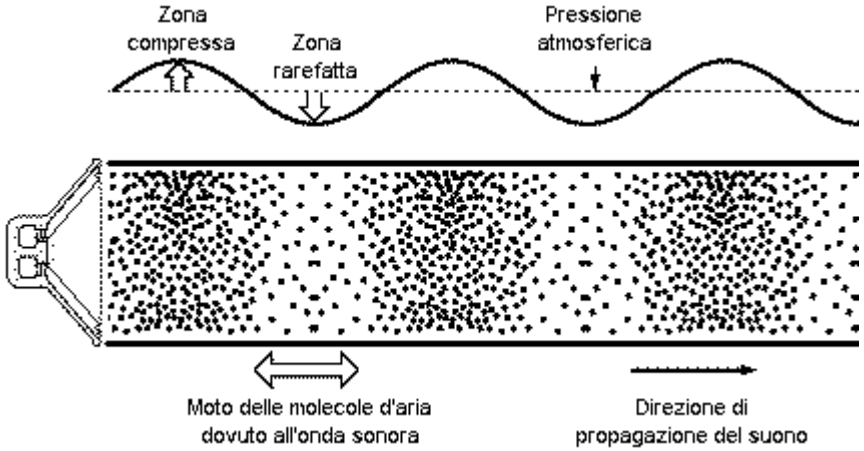
□ = lunghezza d'onda

□ = frequenza (Hz)

T = 1/□ Periodo

v = □□□□ velocità di propagazione

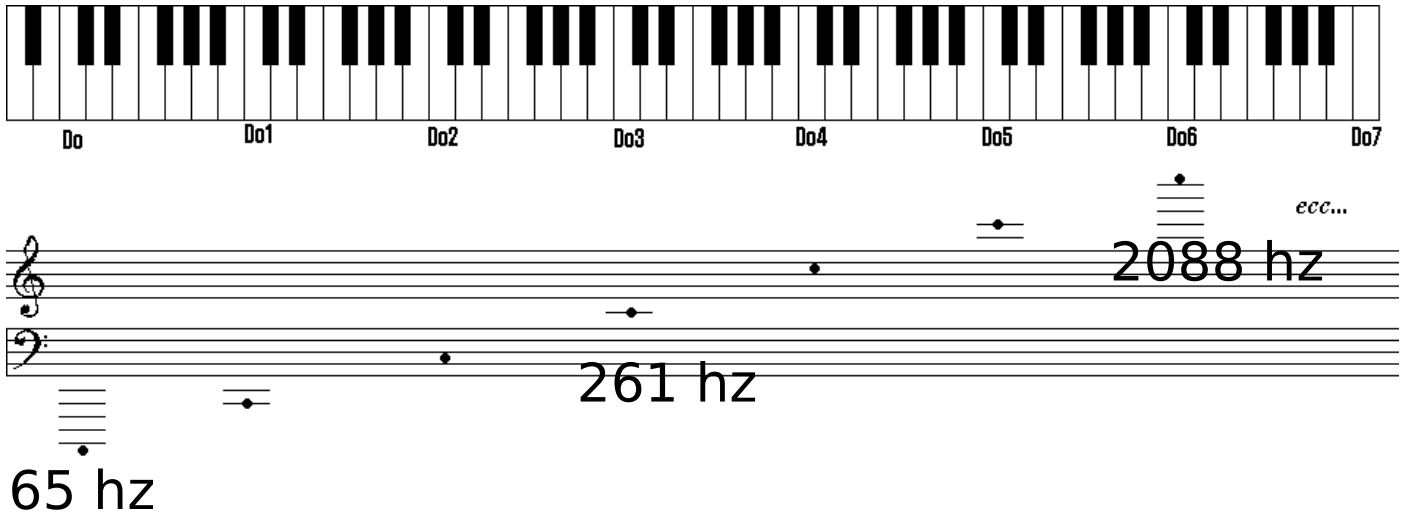
Onde acustiche: suono



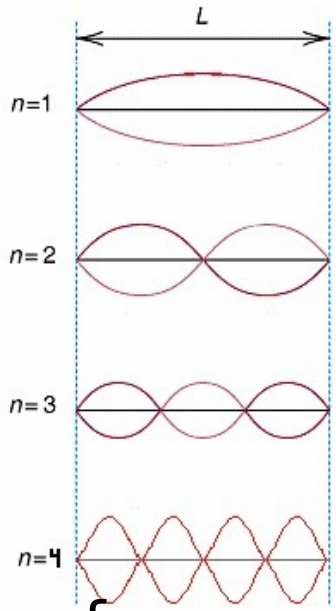
Velocità di propagazione

$V = 300$ m/s

$20 < \square\square < 20000$ (Hz) frequenze udibili dall'orecchio uman



Onde e suoni armonici

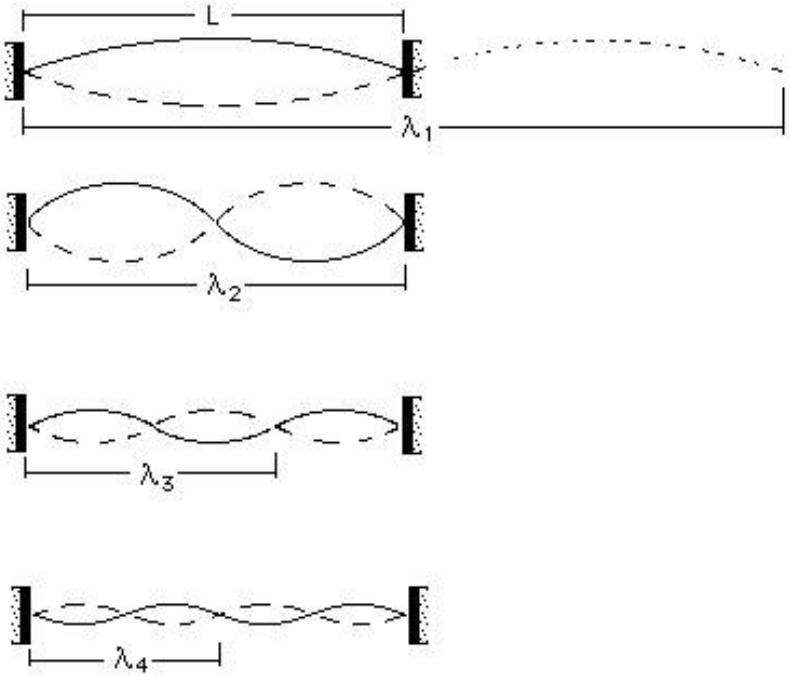


1° Fuso $\lambda = 2L$

2° Fuso $\lambda = L$

3° Fuso $\lambda = \frac{2}{3}L$

4° Fuso $\lambda = \frac{1}{2}L$

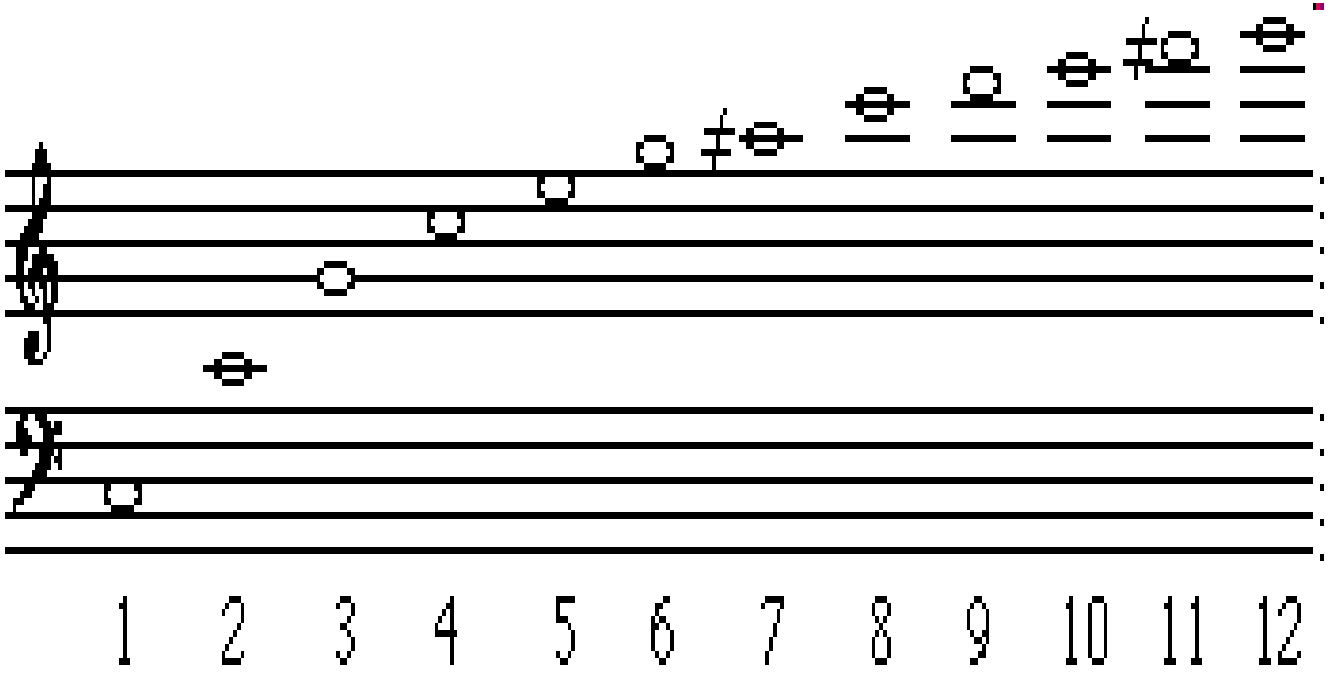


Standing.asf

Le lunghezze d'onda permesse sono tali che **L= n λ/2**

Quindi le frequenze possibili sono multipli interi della frequenza fondamentale **$\nu_n = n\,\nu_1$**

Spettro armonico

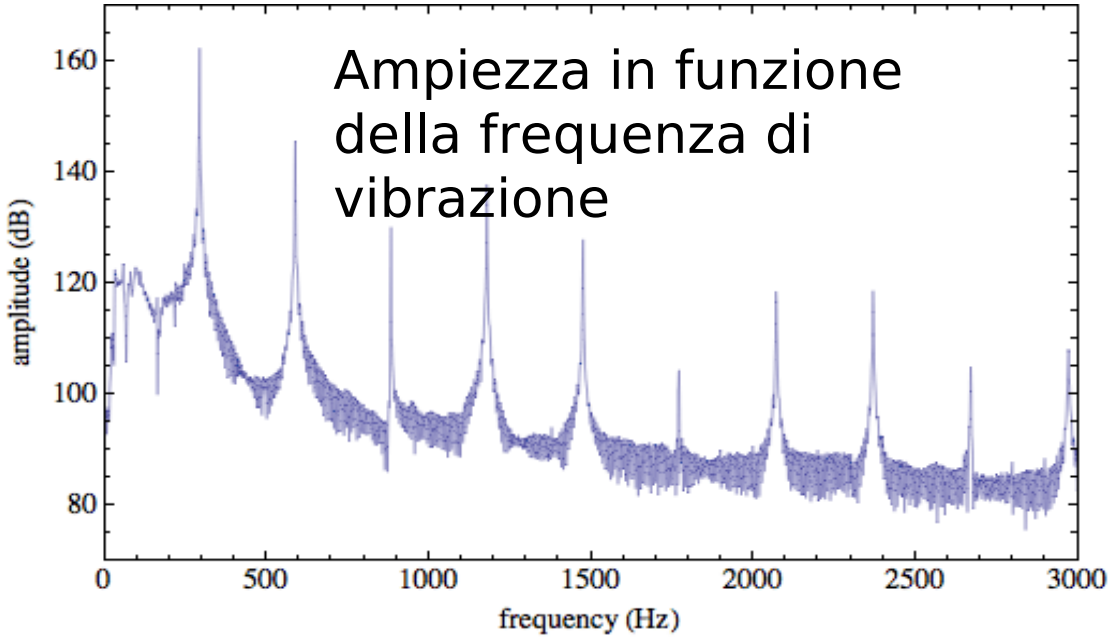


Primi 12 armonici, fondamentale = 130 Hz (Do 2)

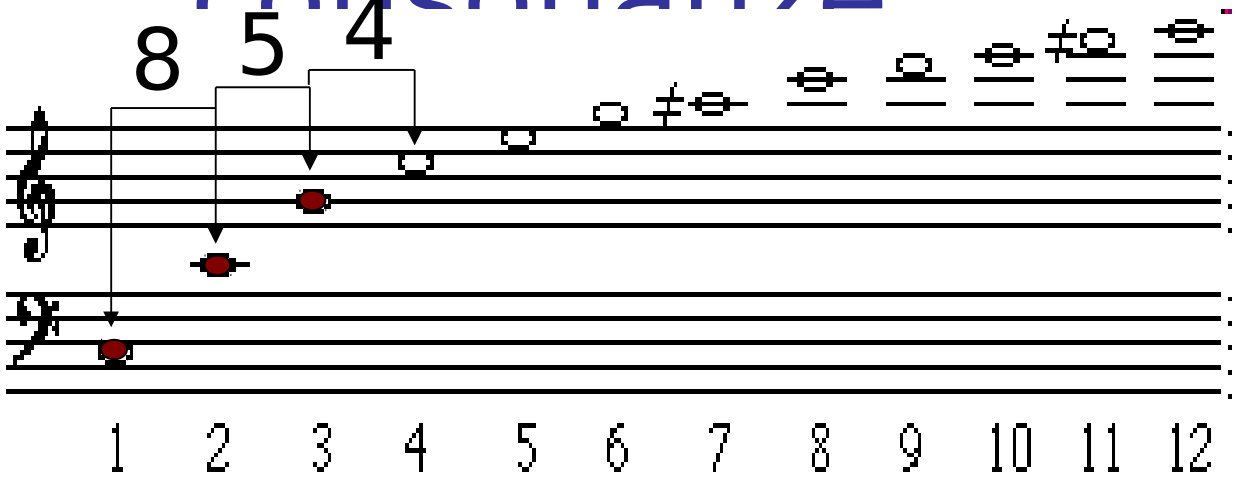
NB : La notazione è precisa per scala pitagorica mentre è approssimata per scala temperata

Soluzione generale come somma di armonici

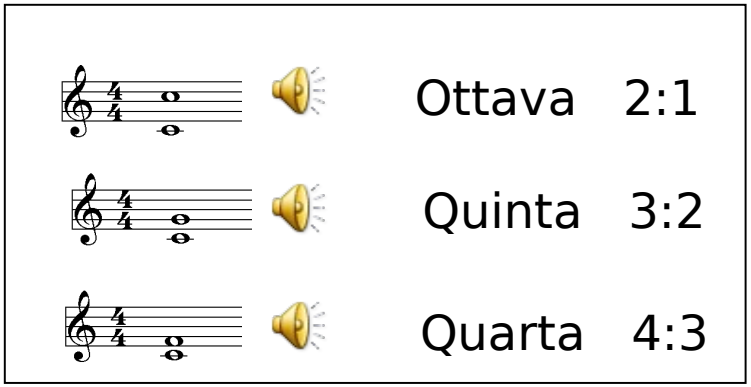
$$y = \sum_{i=1}^{\infty} A_i \cos(2\pi \nu_i t)$$



Gli Armonici e le consonanze



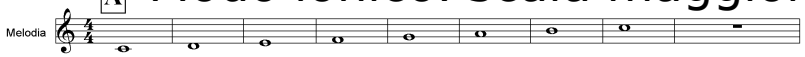
I primi tre armonici “spiegano” le consonanze perfette
Identificate da Pitagora come i rapporti 2:1 ; 3:2 ; 4:3



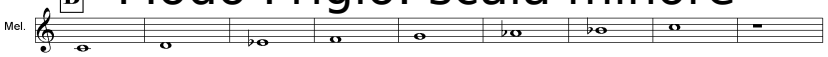
consonanti perchè sono
Intervalli gia “contenuti” nei
Primi 4 armonici :
i più facilmente udibili

Alcune scale musicali: area europea-mediterranea

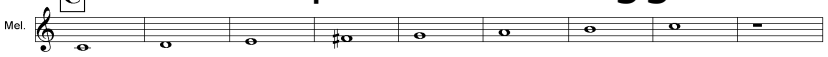
A Modo ionico: scala maggiore



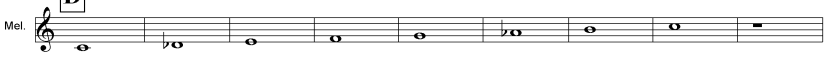
B Modo Frigio: scala minore



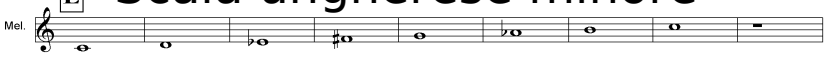
C Scala napoletana maggiore



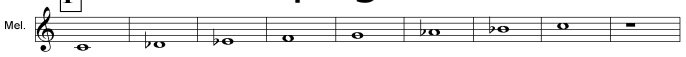
D Scala Araba



E Scala ungherese minore



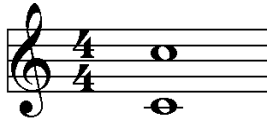
F Scala spagnola



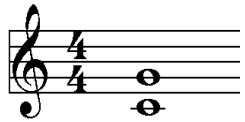
La melodia medievaleggiante è una variazione di una (famosa ?) sigla televisiva degli anni ’70.

Tratti comuni tra le scale

1) Le frequenze dell'ultimo e del primo grado stanno nel rapporto **2:1**



2) Le frequenze del quinto e del primo grado stanno nel rapporto **3:2**

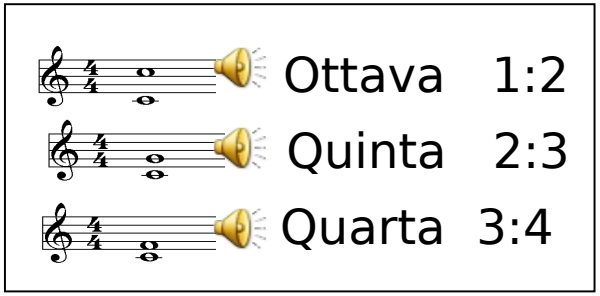


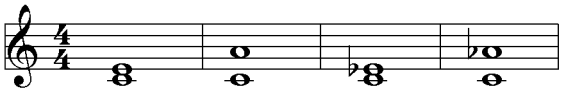
Ritroviamo i rapporti di Pitagora !!!

N.B. Nel sistema temperato
Il rapporto tra quinto e primo grado
Vale 1.4983 ... molto vicino a 3/2 = 1.5000

Consonanze e dissonanze

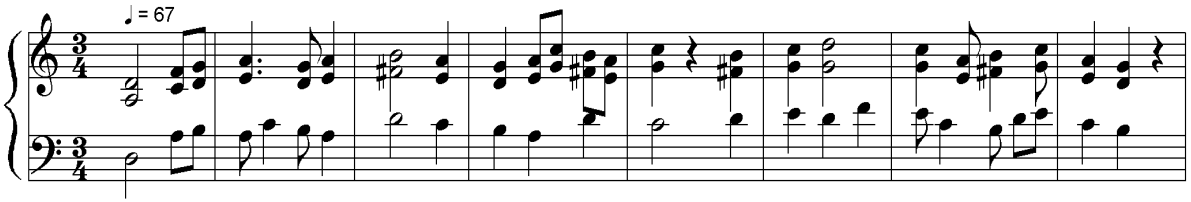
La musica occidentale si è sviluppata “estendendo” il concetto di consonanza
E “inventandosi” una retorica per alternare consonanze e dissonanze





Terza e sesta maggiore e minori:
Considerate dissonanze dai teorici greci
Ritenute consonanti dal XII sec. in poi

Dufay (1397-1474) , Ave Maris Stella



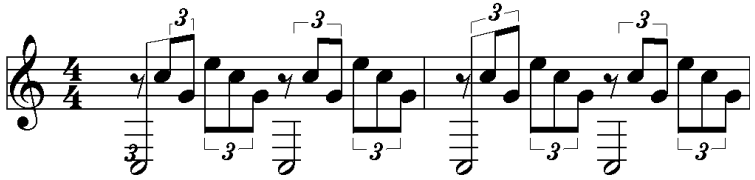
Ave Maris Stella - Guillaume Dufay.mp3

Ave maris stella,
Dei Mater alma
Atque semper virgo
Felix caeli porta

Sumens illud ave
Gabrielis ore
Funda nos in pace
Mutans Evae nomen

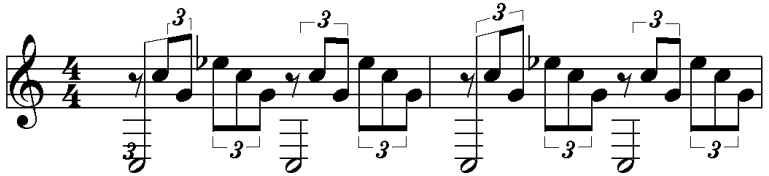
... Armonici e arpeggi ...

Arpeggio di Do maggiore



I primi 5 armonici “generano” un paesaggio sonoro:
l’arpeggio di DO maggiore

Arpeggio di Do minore



L’arpeggio minore non ha giustificazione negli armonici
La scala minore è “artificiosa”

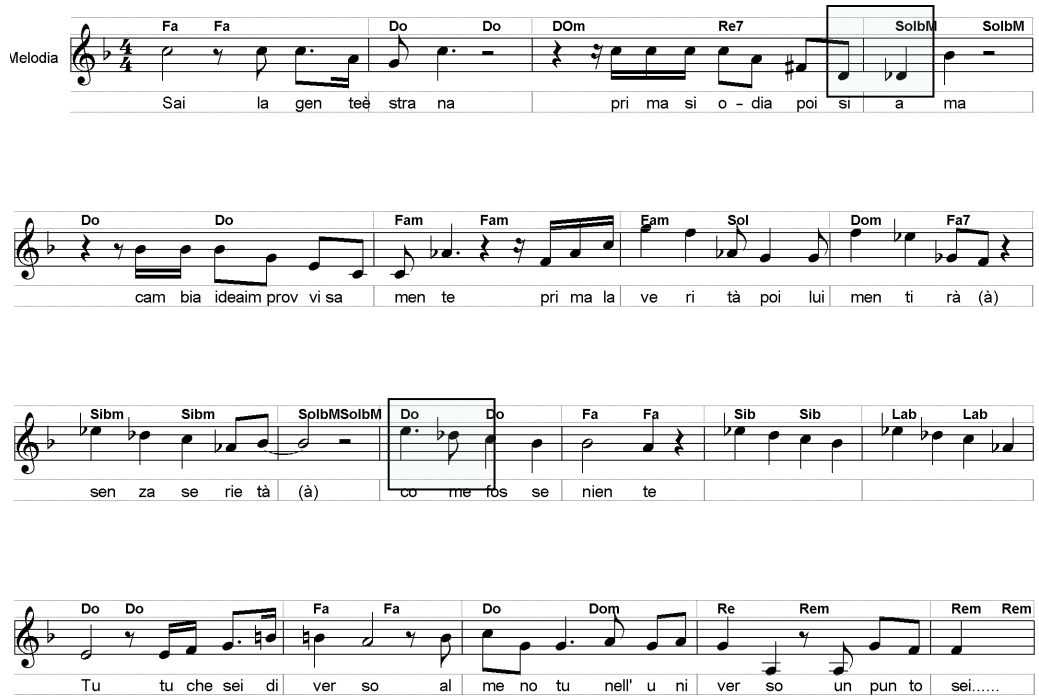
<<Tutti sanno che il miele è più dolce delle olive e tuttavia molti preferiscono
di gran lunga mangiare olive e non miele.... Ci sono momenti in cui una dissonan
risulterà più gradevole di una consonanza>>

(R. Cartesio , Lettera a Mersenne, 4/3/1630)

J.S.Bach (1685-1750)
adagio dal concerto BWV 1042

Suoni estranei alla scala

Almeno Tu nell'universo
Aut. B. Lauzi, M. Fabrizio (1972)
Presentata al Festival di Sanremo 1989



Sai la gente è strana
Prima si odia e poi si ama
Cambia idea improvvisamente,
Prima la verità Poi lui mentirà
Senza serietà, come fosse niente.

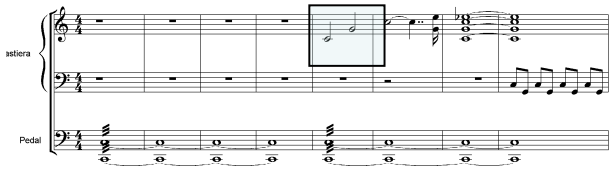
Tu !, tu che sei diverso
Almeno tu nell'universo
Un punto sei
che non ruota mai intorno a me
Un sole che splende per me soltanto
Come un diamante in mezzo al cuore

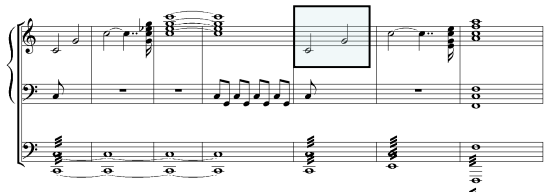
Martini.mp3

Rai 2
CERCANDO MIA MARTINI

Gli intervalli di ottava e quinta esprimono il ”naturale”, il “primigenio”...
sono connessi all’origine della musica

Richard Strauss
“Also sprach Zarathustra”
Poema sinfonico Op. 30





La natura rappresentata: L’alba dell’umanità

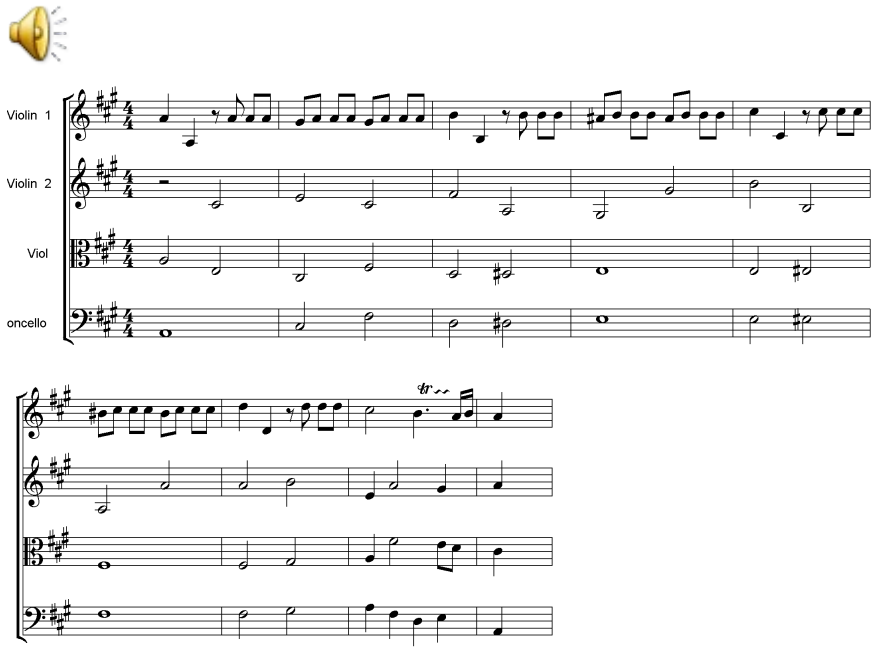
In pratica le prime battute sono

una orchestrazione dei primi 3 armonici

Stanley Kubrick
2001 space Odissey
MGM 1968

L’intervallo di ottava apre una sinfonia

W.A. Mozart (1756-1791) Sinfonia n. 29 K201



29.myr

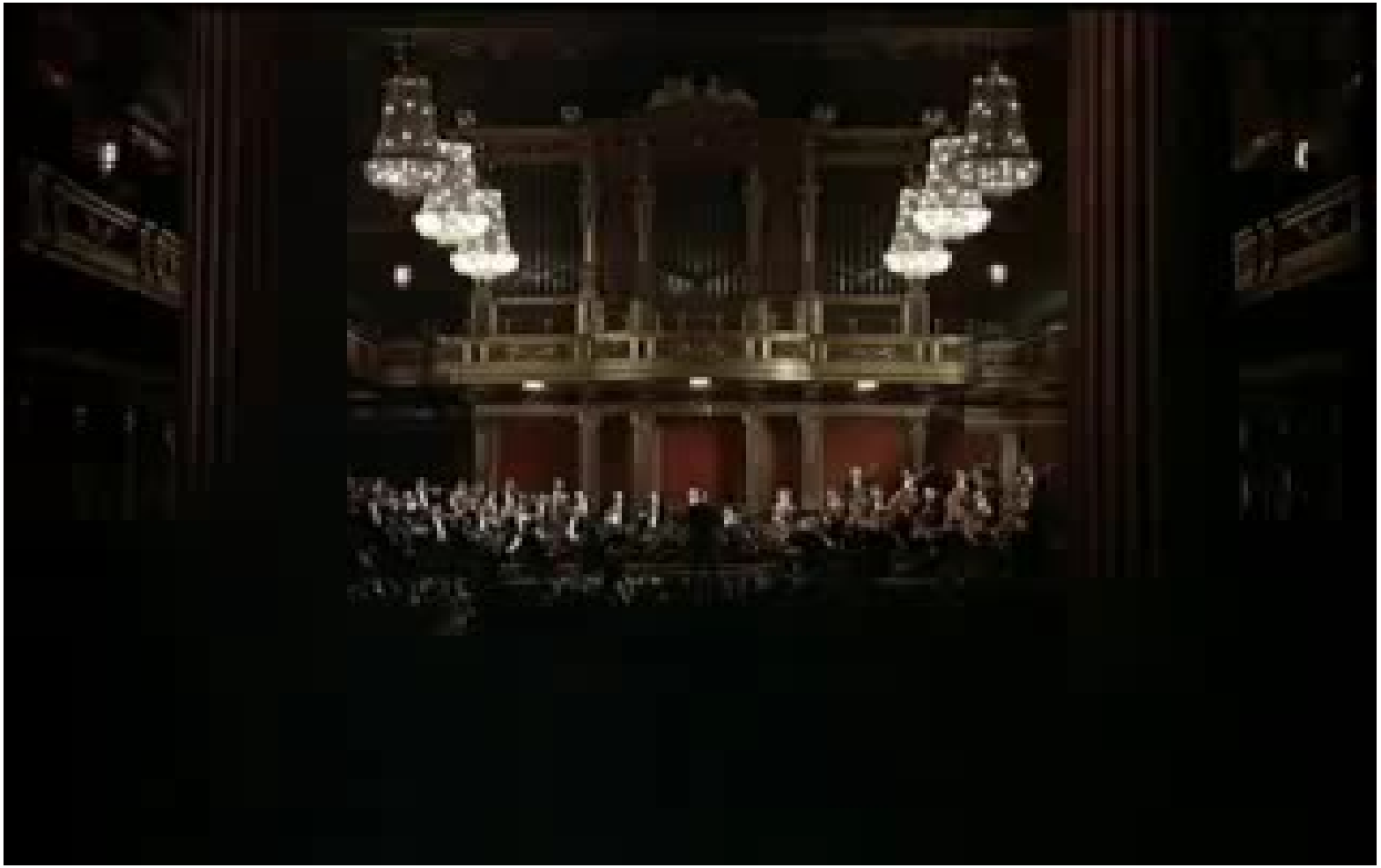
Le “ottave” nei violini I conducono l’orecchio nel tranquillizzante “paesaggio sonoro “ naturale degli armonici...

Contestualmente le voci intermedie Alternano consonanze e dissonanze (seconde , quinte diminuite)
che rendono non banale il tessuto armonico

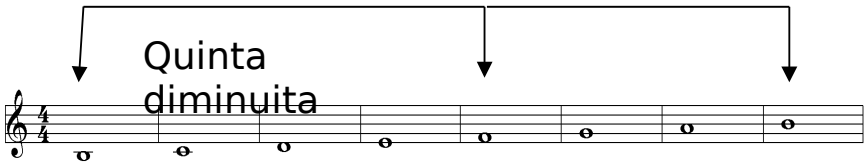
Nella musica del ‘700 esistono precise regole retoriche per la “gestione” delle dissonanze...
..scivolamento cromatico...
(preparazione, dissonanza,risoluzione)

CONTROLLO DELLE PASSIONI

Mozart sinfonia n.29

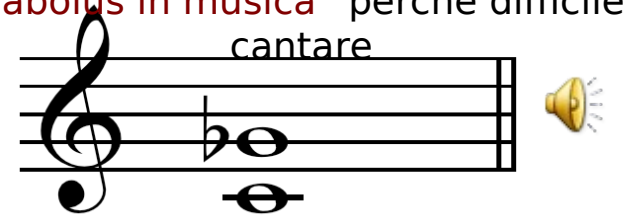


Il modo Locrio: una scala “innaturale”



Il rapporto tra le frequenze del quinto e del primo grado della scala vale 1.41, inferiore rispetto ai 3:2 della quinta perfetta..(quinta diminuita)

“ Diabolus in musica” perchè difficile da cantare



La mancanza della quinta giusta rende questa scala impraticabile fino al XIX sec.

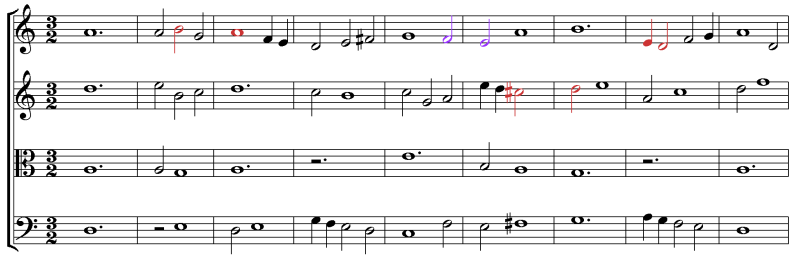
Il romanticismo sfrutta il simbolismo “infernale” Della QD : F. Listz “Dopo una lettura di Dante”

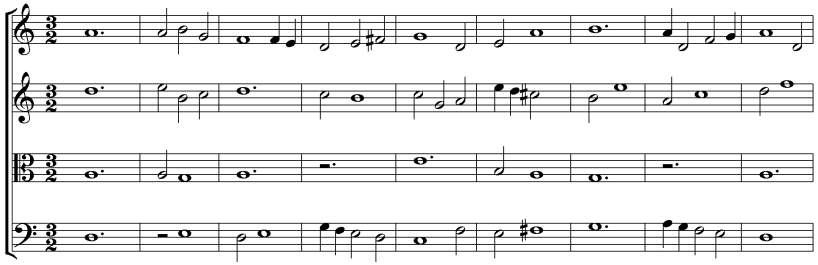
La scala piace molto a certa musica Heavy Metal

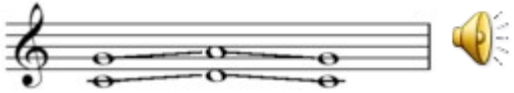
La questione delle quinte parallele (QP) ?

Guillaume de Machaut: Kyrie dalla messa di Notre Dame (XIII sec)

Versione originale







Versione corretta evitando le quinte e le ottave parallele

Storia delle quinte parallele

IV sec. A.C – XIII D.C.: Le quinte parallele sono usate

XIV sec. (Umanesimo) Johannes de Grocheo, primo teorico
che proibisce le quinte parallele

XV sec: (Rinascimento) La proibizione diviene prassi
comune: un modo per sancire la differenza tra il nuovo e l'antico

XVI-XVII sec (Barocco) proibizione scrupolosamente osservata

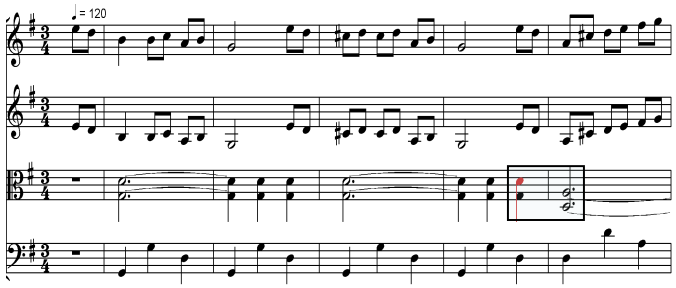
XVIII sec.: (Classicismo) QP sopravvivono come "citazione" folk

XIX sec.: (Romanticismo) Le QP diventano una cifra stilistica
per alcuni (Chopin)

XX sec. : la proibizione diventa sempre meno rilevante

Le QP come citazione folk

F. J. Haydn (1732-1809) Trio dalla sinfonia n. 88 (3 mov.)



Un minuetto galante seguito da un Trio che imita una orchestrina un po’ rustica (Cornamuse, ghironde)

Il romanticismo imparerà da queste incursioni nella musica popolare

Verso una conclusione....

Abbiamo ascoltato:

1) Gli armonici che compongono ogni “nota” musicale
2) Abbiamo dedotto dai primi 4 armonici i rapporti pitagorici
   le consonanze perfette ottava,quinta e quarta 2:1 ; 3:2 ; 4:3
3) Abbiamo constatato la presenza dei rapporti 2:1 e 3:2 nelle scale

4) La musica pre-rinascimentale usa le consonanze perfette
   e raramente le dissonanze (G. Dufay)
5) Un uso sempre più complesso delle dissonanze si ha dal XV sec. in poi
6) Abbiamo seguito la storia di una dissonanza: la quinta diminuita,
   da F. Listz fino al Heavy-Metal

La storia del linguaggio musicale (occidentale) appare come una progressiva “emancipazione della dissonanza” (A. Schoenberg)
Si parte dalle consonanze naturali perfette (armonici) e via via sono Elaborate armonie sempre più dissonanti e complesse

...DOVE RISIEDE IL SIGNIFICATO ?

Una divagazione e ....

Consideriamo l'equazione $\frac{a}{x} = \frac{x}{b}$

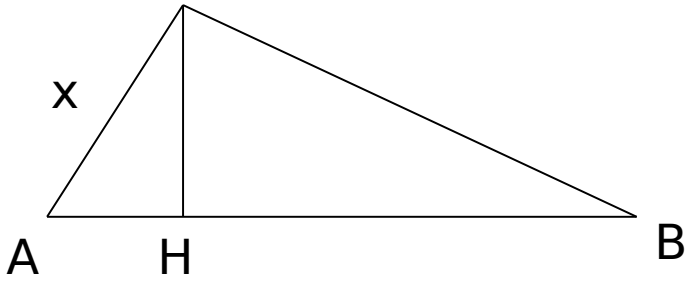
Senza sapere chi sono a,b e x possiamo dimostrare che

1) Se $0<a<b$ allora $a < |x| < b$
2) Invariante per scambio a ←→ b
3) Trasformazione di scala
   Se a → ka e b→kb allora x → kx
4) Se a,b sono quadrati perfetti → x è intero

Tuttavia il significato dell'equazione
ancora non lo sappiamo .... Che cosa risolve?

All'algebrista interessa poco ... al geometra invece interessa molto

...una personale conclusione



Musica est exercitium arithmethicae occultum
nescientis se numerare animi (Leibniz)

$$\frac{AH}{x} = \frac{x}{AB}$$

...la musica è come la formula algebrica
“Un contenitore vuoto in attesa di essere riempito di significato”

Grazie per l’attenzione

...Uno dei migliori recitativi della storia dell'opera

Figaro è arrabbiato perchè la sua futura moglie Susanna è insidiata dal conte...

Bravo signor padrone
Or incomincio a capire il mistero
E a veder schietto
tutto il vostro progetto

A Londra, è vero?
Voi ministro, io corriero,
e la Susanna? Segreta
ambasciatrice!
Non sarà, non sarà
Figaro il dice