

# Lezione 2 :

da Pitagora introduzione alla matematica della musica

Il suono : dalle onde  
acustiche alla  
musica

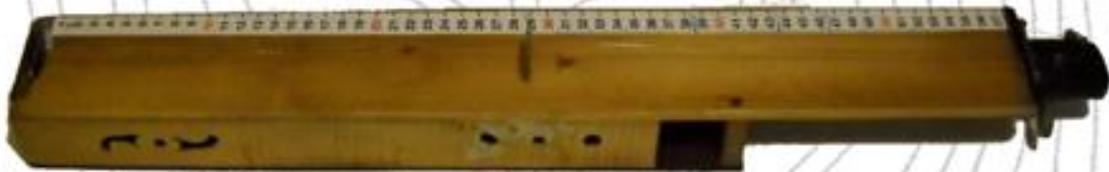
Armonici generatori  
di suono

Descrizione del  
monocordo

Osservazioni pratiche  
in laboratorio con il  
monocordo

Il monocordo  
universale

Dal  
monocordo  
alla Ghironda



## Allegato 1/2

appunti di acustica

Cosa possiamo imparare dallo studio dei suoni?

In che modo l'uomo ha trasformato il suono nello straordinario linguaggio universale che è la musica?

Rumore e suono sono fenomeni che ci permettono di comprendere scientificamente una tra le più sorprendenti manifestazioni fisiche con cui si manifesta e si propaga l'energia.

Cosa è una onda? Quali sono forma e caratteristiche? Come si genera?

Come interpretare i fenomeni di riflessione, risonanza, diffrazione e interferenza?

Quali caratteristiche ha il suono, e come definire: intensità, altezza e timbro?

Come è fatto uno strumento musicale e perché un suono piacevole si dice armonico?

Come si scrive la musica e quale significato ha la misura del tempo e nella notazione musicale?

**Il suono è sempre prodotto da una vibrazione e cioè da una forma di energia che si propaga per onde in un moto detto ondulatorio. Nell'aria il fenomeno avviene per successive compressioni e rarefazioni senza che vi sia trasporto di materia.**

pressione

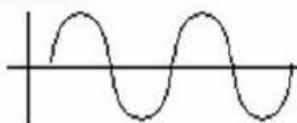
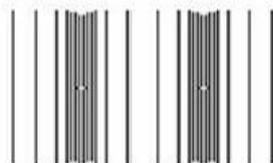
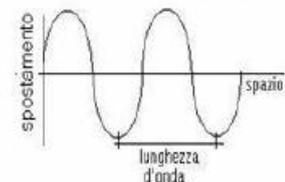
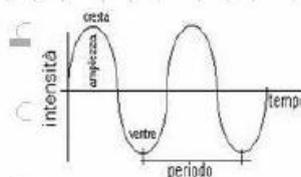
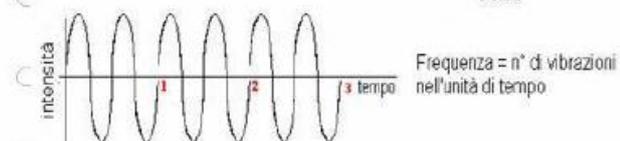


diagramma di pressione



compressioni e  
rarefazioni nell'aria



Frequenza =  $n$  di vibrazioni  
nell'unità di tempo

Proprietà delle onde sonore è quella di rimbalzare contro un ostacolo (riflessione), di trasmettere energia ad un altro corpo vibrante (risonanza), di aggirare gli ostacoli (diffrazione), di sovrapporsi ad altre onde (interferenza).

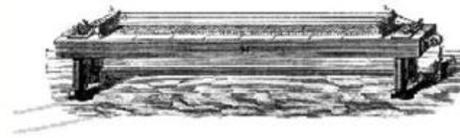
Una onda sonora può essere udita ad un volume più o meno alto (intensità), può essere acuta o grave a seconda della sua frequenza di emissione (altezza), può distinguersi da altre come dal rumore (timbro).

## Allegato 2/2 : misure auree

Uno strumento musicale semplice come il salterio di Pitagora o il sonometro di Mersenne proposto in alcune stampe ci sarà utile per osservare che lunghezza, spessore e tensione di una corda sono tra loro in relazione e, variando opportunamente i loro valori è possibile variarne la frequenza e quindi l'altezza della nota emessa.



sonometro



Il monochordo usato per descrivere la relazione fra lunghezza e altezza, da una incisione dell'Harmonie universelle di Mersenne.

## Allegato 3/2:

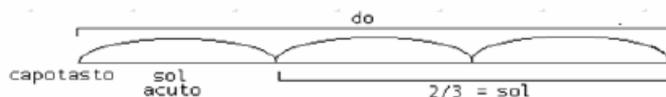
### Osservazioni pratiche in laboratorio con il monochordo

il monochordo di Pitagora nasce per la lezione di acustica: esso è costituito da una cassa armonica di legno con un coperchio costituito da abete di spessore 3 mm. Secondo Gioseffo Zarlino (*Institutioni Harmoniche* -1558), i rapporti tra le lunghezze delle corde si possono ottenere attraverso i primi sei numeri naturali: il *senario* zarlino prende così il posto della *tetraktys* pitagorica

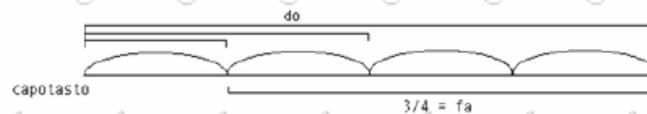
Interponendo un piccolo ponticello di legno a metà della corda ( $1/2$ ), abbiamo ottenuto lo stesso suono, ma più acuto di un'ottava. (infatti le vibrazioni della corda aumentano con il diminuire della lunghezza)



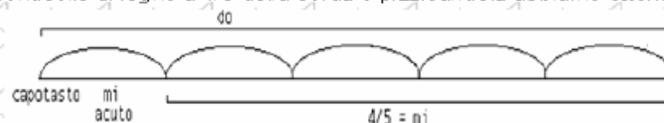
Interponendo il ponticello di legno a  $2/3$  della corda e pizzicandola abbiamo ottenuto il sol



Interponendo il ponticello di legno a  $3/4$  della corda e pizzicandola abbiamo ottenuto il fa



Interponendo il ponticello di legno a  $4/5$  della corda e pizzicandola abbiamo ottenuto il mi



## Allegato 4/2 : le armoniche generatrici di suono

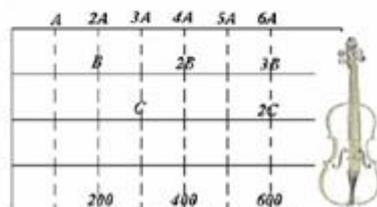
Armoniche Serie di vibrazioni sussidiarie che accompagnano la vibrazione fondamentale 1:1 (2:1, 3:1, 4:1 ecc.).

dunque: uno strumento suona ad esempio il do 523hz e contemporaneamente si producono frequenze d'onda in rapporto semplice con la frequenza fondamentale. Calcolo:

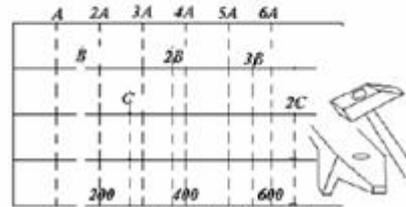
523 → do; 523x2 → do acuto; 523x3 → sol; 523x4 → do; 523x5 → mi; 523x6 → sol;

Le armoniche contribuiscono alla percezione uditiva della qualità, o timbro, di un suono: nel violino sono preminenti determinate armoniche, nel clarinetto altre. Nel trombone aumentando la lunghezza del tubo sonoro, e quindi una nuova lunghezza d'onda fondamentale si può ottenere una nuova serie di armoniche producendo un maggior numero di note. Il violino produce suono perché i suoni A, B, C si sommano o si sottraggono dando sempre e solo valori sovrapponibili alla serie armonica di A, 2A, 3A, 4A, ...

- Un martello produce **rumore** perché i suoni A, B, C si sommano o si sottraggono dando sempre e solo valori non sovrapponibili alla serie armonica di A, 2A, 3A, 4A, ...

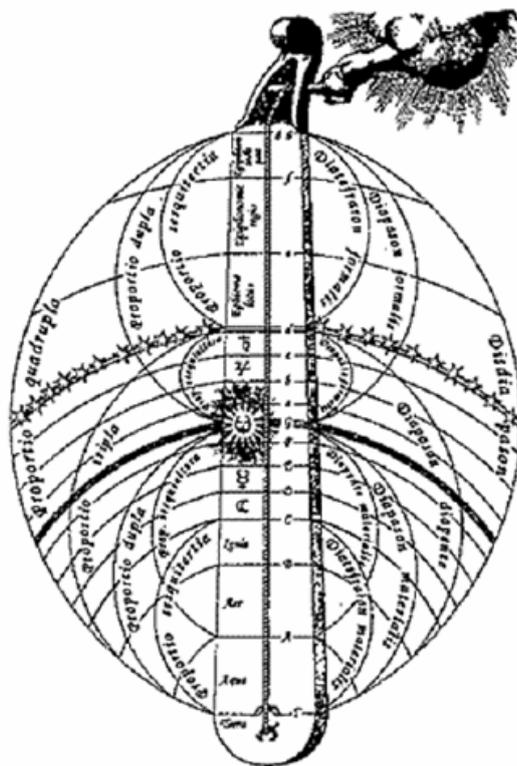


frequenze fondamentali ed armoniche coincidenti nel suono del violino



frequenze fondamentali ed armoniche non coincidenti nel rumore

## Allegato 5/2



Le proporzioni dell'Universo, congruenti all'armonia del monocordo sono analizzate da Robert Fludd in *"Utriusque Cosmi, majoris scilicet minoris, metaphysica, physica et technica historia"* (XVII sec.)

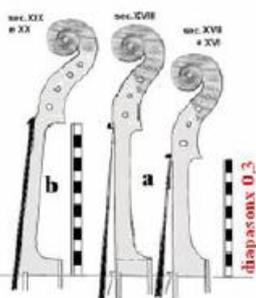
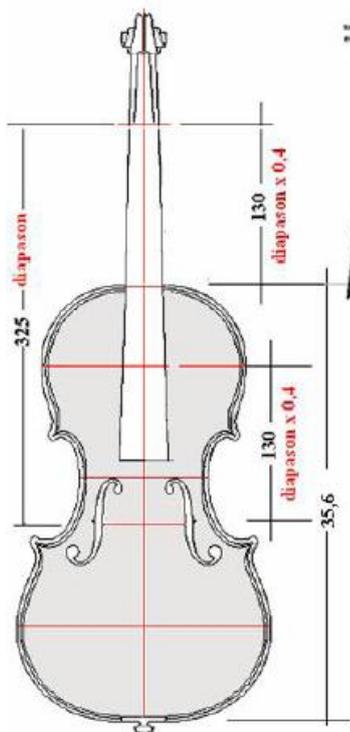
Fludd è fedele a Platone che nel *Timeo*, sostiene che le consonanze musicali rispecchiano l'armonia delle sfere celesti.

Anche Vitruvio, ritiene che la musica, il calcolo, la pittura, il disegno, la misura del tempo, la cosmografia, la geografia e l'astrologia siano le componenti della architettura dell'Universo.

E' con Vincenzo Galilei che nasce la scienza del suono intesa come vibrazione della corde e dell'aria; da qui Mersenne approfondisce gli studi sugli armonici per arrivare alla teoria armonica di Rameau, la teoria della percezione di Helmholtz, sino alle moderne teorie quantistiche e vibrazionali.

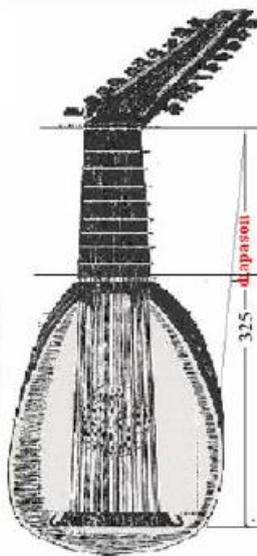
# Allegato 6/2: introduzione alle misure

Vincenzo Galilei ripropone la semplice regola dei liuti detta "regola del 18" in cui ogni nuovo tasto va collocato a  $1/18$  della corda libera lasciata dal tasto precedente. Una regola empirica legata all'esperienza ma utile nella sua semplicità ad esprimere l'armonia del mondo.



### Calcolo teorico delle tastature della lira e del liuto

divido la misura del diapason ad esempio  $D = 325$  per la costante 1,05946 e il risultato ancora per la costante e così via ottenendo il valore della misura dei tasti al ponticello.  
Il 12° tasto deve essere all'ottava con dimezzamento della misura della corda

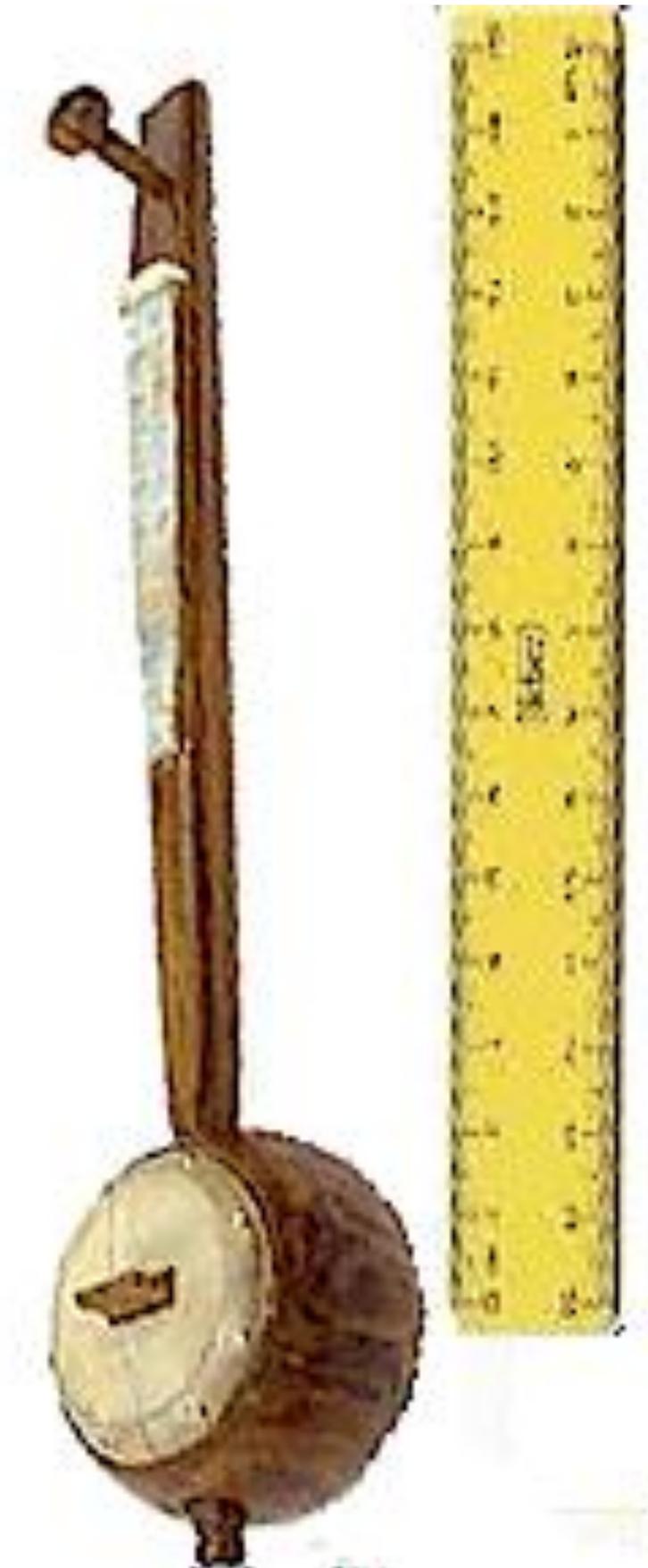


306,8	289,5	273,3	258	243,5	229,8	216,9	204,7	193,2	182,4	172,16	162,5
-------	-------	-------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------	-------

### Osservazioni sul calcolo corretto delle tastature

- 1) l'uso della regola del 18 potrebbe sommare microerrore successivamente ad ogni suddivisione
- 2) una prima correzione è dovuta alla maggiore lunghezza della corda vibrante rispetto alla misura del diapason (nell'esempio 330 anziché 325)
- 3) nel liuto tastando la corda, questa si allunga modificando tensione e il timbro (esempio per una distanza della corda dalla tastiera di circa 4 mm: in questo caso la costante precedente si modifica in 1,0582)





Il Tumbi strumento di musica , di acustica ma anche di ... conoscenza tra culture