

Esperienza InSegna "La Scienza nel tempo"

1 marzo 2018

# LO SVILUPPO STORICO DEGLI STRUMENTI DI ACUSTICA: ASPETTI DIDATTICI

---

**Aurelio Agliolo Gallitto**, [aurelio.agliologallitto@unipa.it](mailto:aurelio.agliologallitto@unipa.it)

Dipartimento di Fisica e Chimica, Università degli Studi di Palermo

[sites.google.com/site/aurelioagliologallitto/collezione-storica/eventi](https://sites.google.com/site/aurelioagliologallitto/collezione-storica/eventi)



# GLI STRUMENTI DI ACUSTICA: NOTE STORICHE

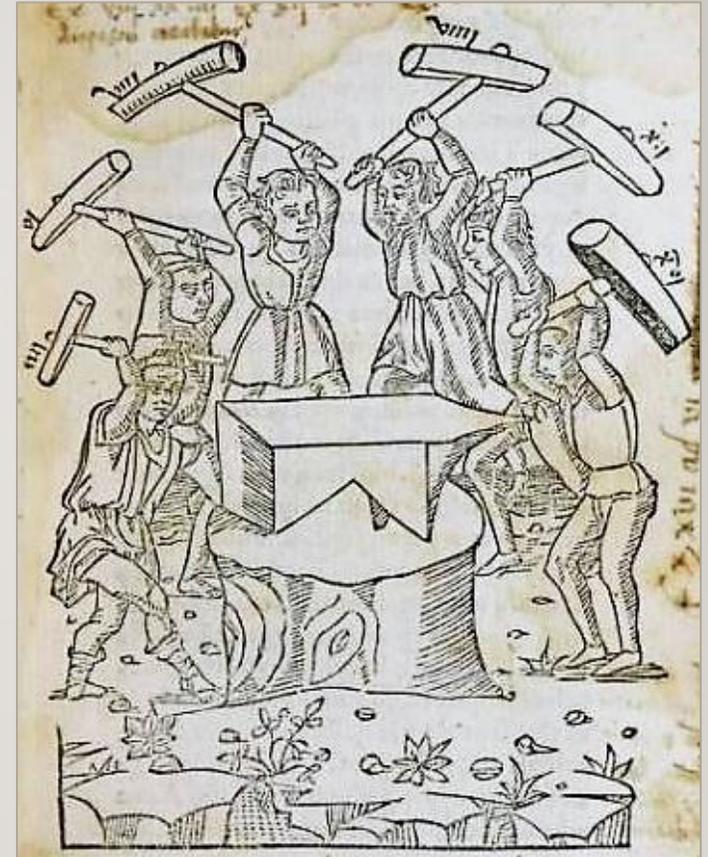


Franchino Gaffurio (1451 – 1522)

L'Acustica ebbe inizio nel VI a.C. con la scuola pitagorica: **relazioni tra lunghezza e tensione delle corde vibranti con la frequenza (tono) del suono generato.**

I pitagorici costruirono matematicamente una scala musicale, legando la musica con l'acustica, l'arte con la scienza.

Soltanto a partire dal XVII secolo, l'acustica cominciò ad essere nuovamente vista come una scienza rimanendo tuttavia confinata nell'ambito della matematica per tutto il secolo, quando divenne anche una importante branca della fisica.



Franchino Gaffurio (1451 – 1522)

# PRODUZIONE E TRASMISSIONE DEL SUONO

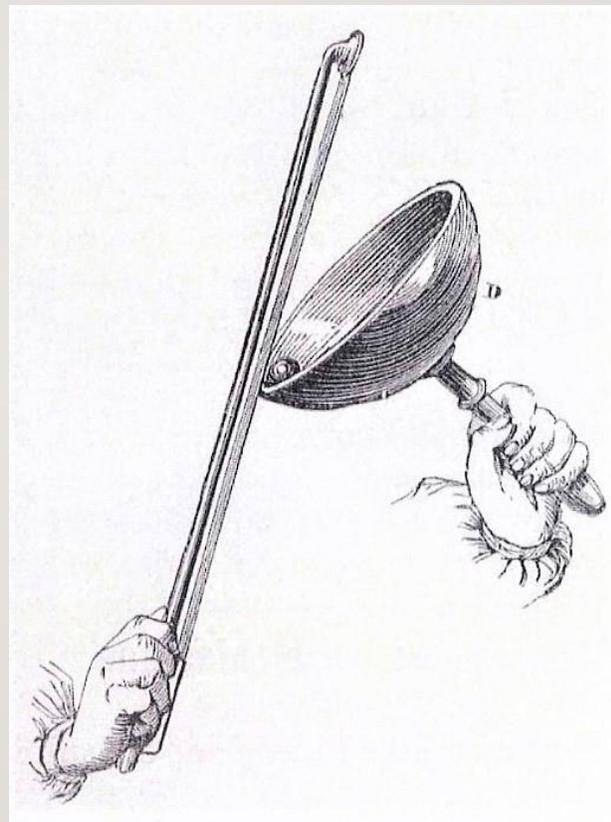
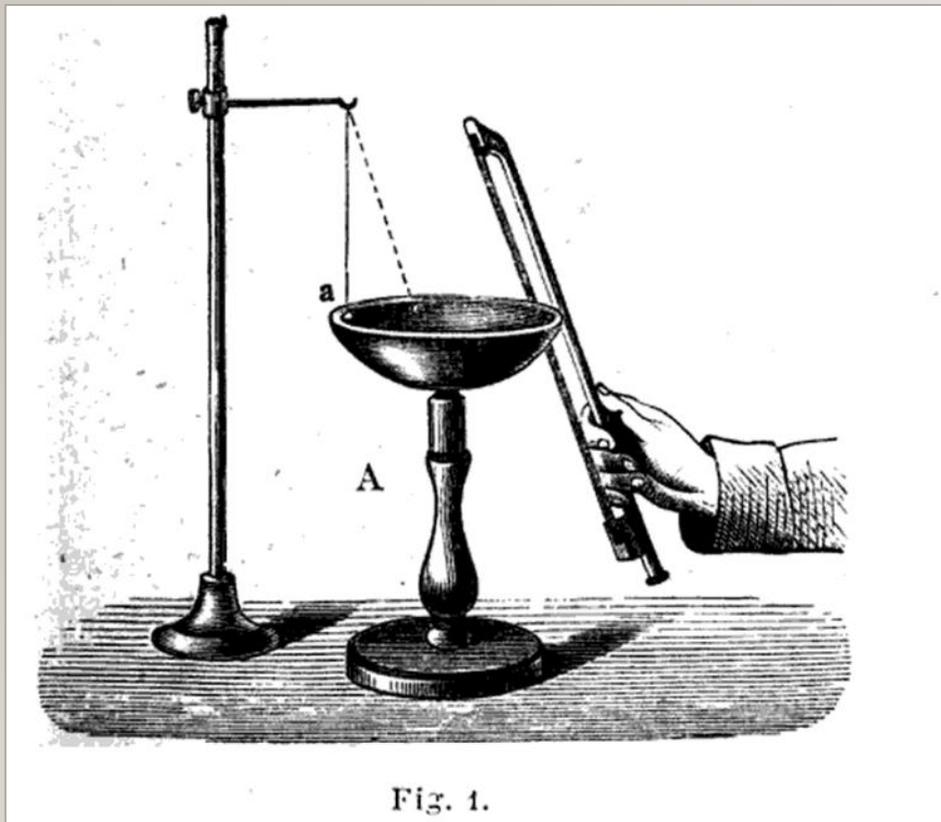
Un fondamentale problema dell'acustica era quello di produrre suoni puri e di frequenza ben definita.

A questo scopo, furono ideati vari strumenti:

- i **diapason**, notevolmente perfezionati da Koenig, possono generare suoni con frequenze che vanno da pochi hertz fino a decine di migliaia di hertz
- le **canne sonore**, o canne d'organo, azionate da appositi mantici erano invece utilizzate per produrre e studiare i suoni generati da colonne d'aria oscillanti
- i **tonometri**, strumenti per la generazione di suoni con ben determinata frequenza, usati come riferimento.

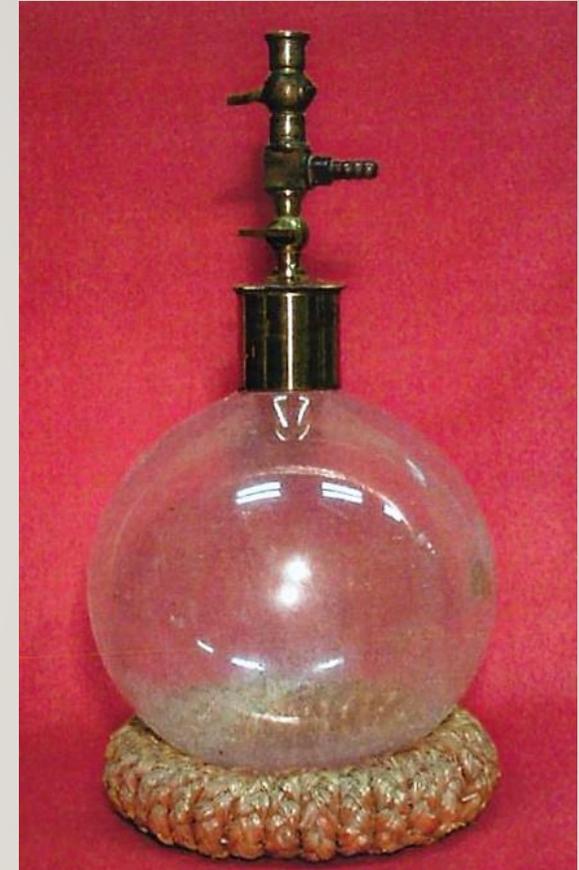
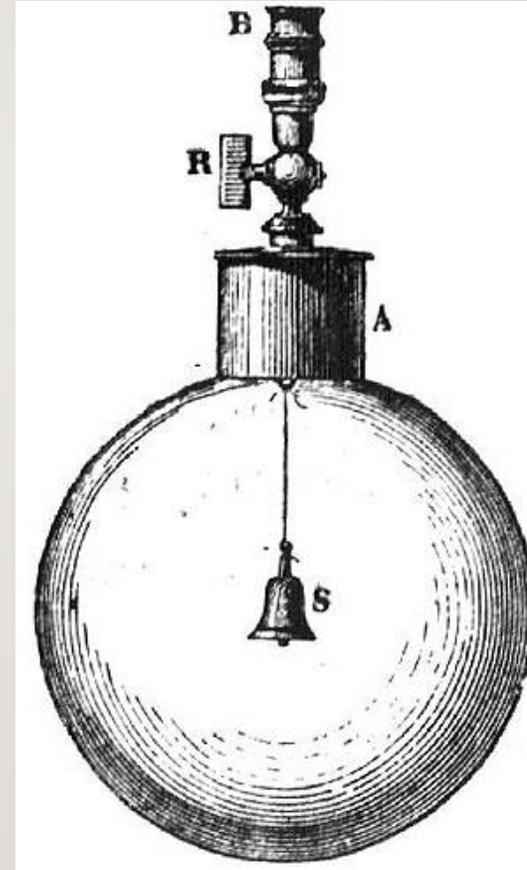


# IL SUONO E LE VIBRAZIONI: TIMBRI DI SAVART



# LE VIBRAZIONI SONORE SI PROPAGANO IN UN MEZZO

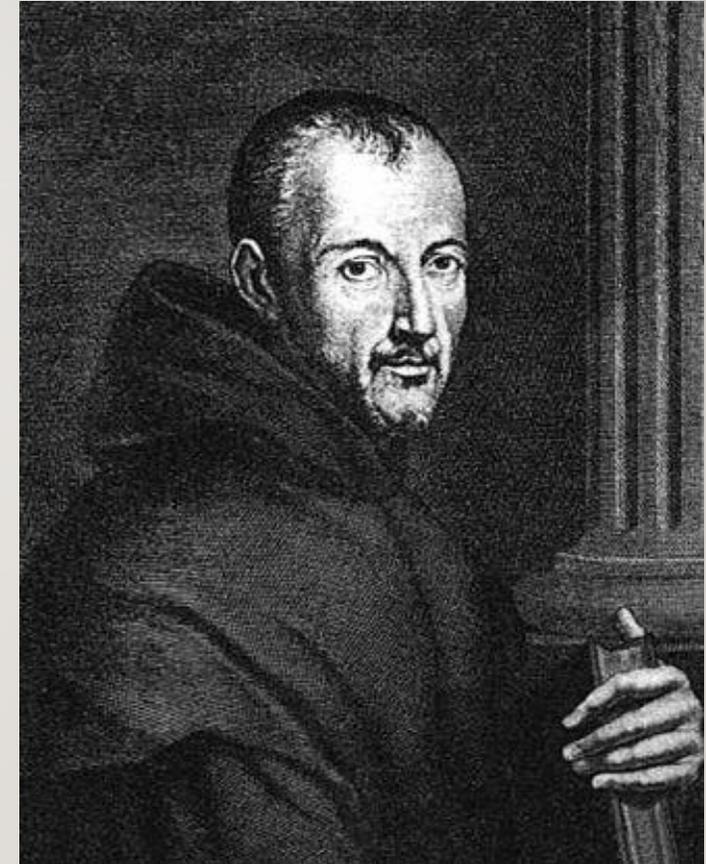
- **Athanasius Kircher** (1602 - 1680) servendosi di una campanella posta all'interno di un pallone in cui era stato creato il vuoto, dedusse che l'aria non era essenziale alla propagazione del suono (probabilmente, le difficoltà sperimentali nella realizzazione del vuoto hanno impedito di ottenere i risultati corretti).
- **Otto von Guericke** (1602-1686) dimostrò definitivamente la necessità del mezzo materiale per la propagazione, utilizzando una suoneria posta sotto una campana a vuoto.
- Infine, **Francis Hawksbee** (1660 - 1713) ripeté in pubblico, nel 1705, l'esperienza di Kircher, questa volta con esito positivo.



# LE VIBRAZIONI SONORE SI PROPAGANO IN UN MEZZO (2)

Il matematico francese **Marin Mersenne** (1588-1648), intorno al 1636, eseguì la prima misurazione della velocità del suono nell'aria, misurando l'intervallo di tempo fra gli istanti in cui erano percepiti il lampo e lo scoppio provocati da un'arma da fuoco lontana, ottenendo  $v = 448 \text{ m/s}$ .

La velocità del suono in aria dipende dalla temperatura:  
 $v = 331 \text{ m/s}$  a  $T = 0^\circ\text{C}$                        $v = 344 \text{ m/s}$  a  $T = 20^\circ\text{C}$



Marin Mersenne (1588-1648)

# CANNE SONORE

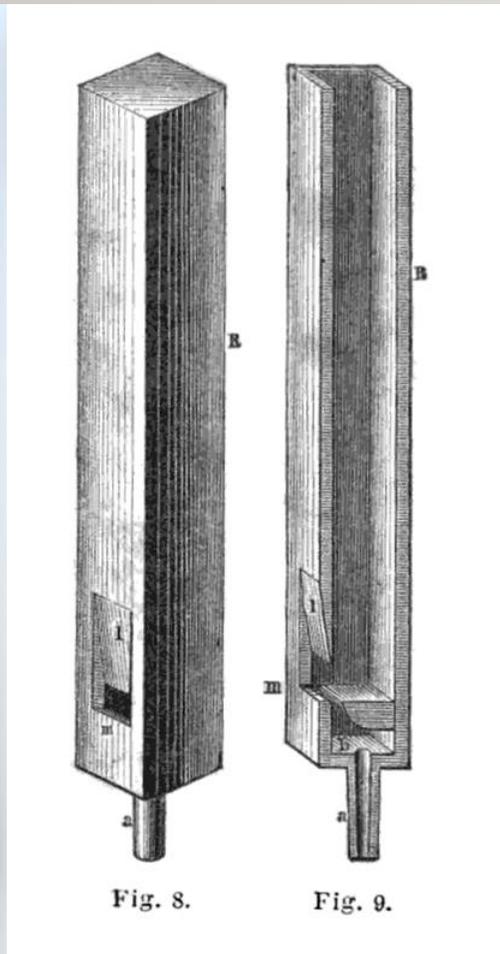


Fig. 8.

Fig. 9.

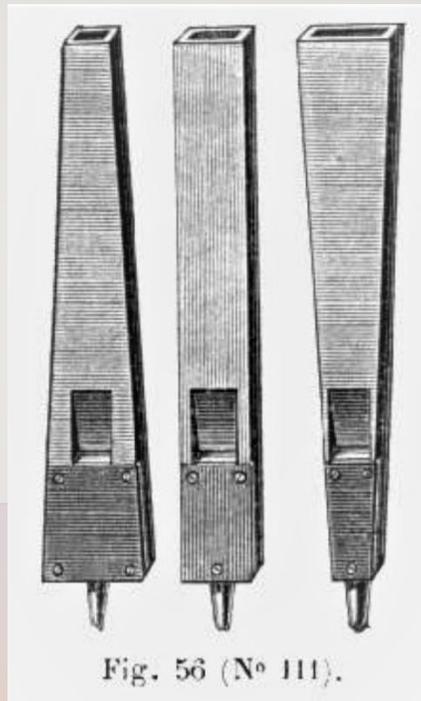
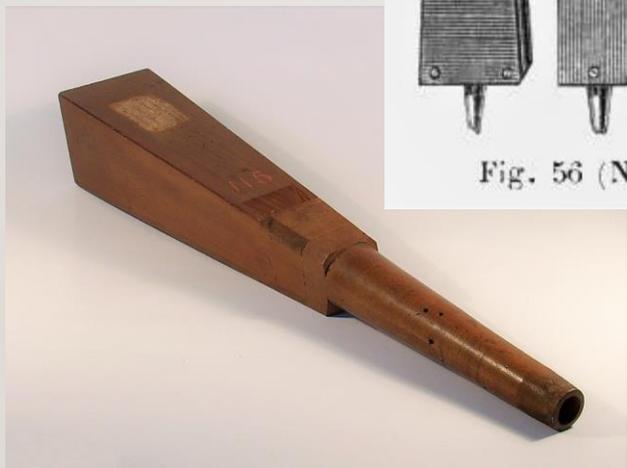
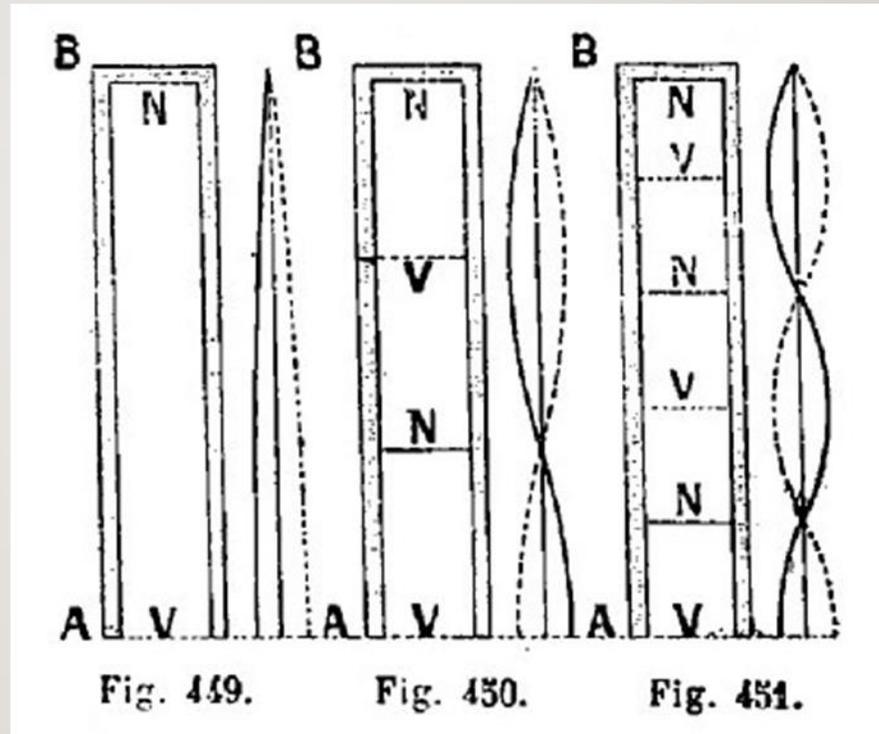
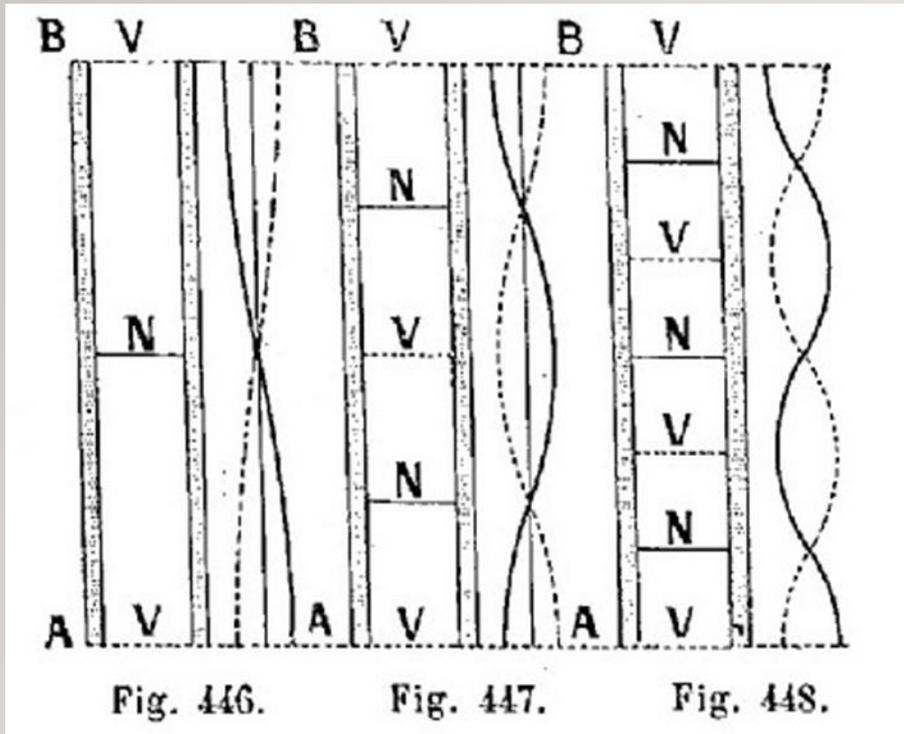


Fig. 56 (N° 111).



Fig. 10. Fig. 10 bis.

# VIBRAZIONI SONORE GENERATE DALLE CANNE



$$l = n \frac{\lambda}{2}$$

$$v = \lambda f$$

$$l = \left(n - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{2}$$

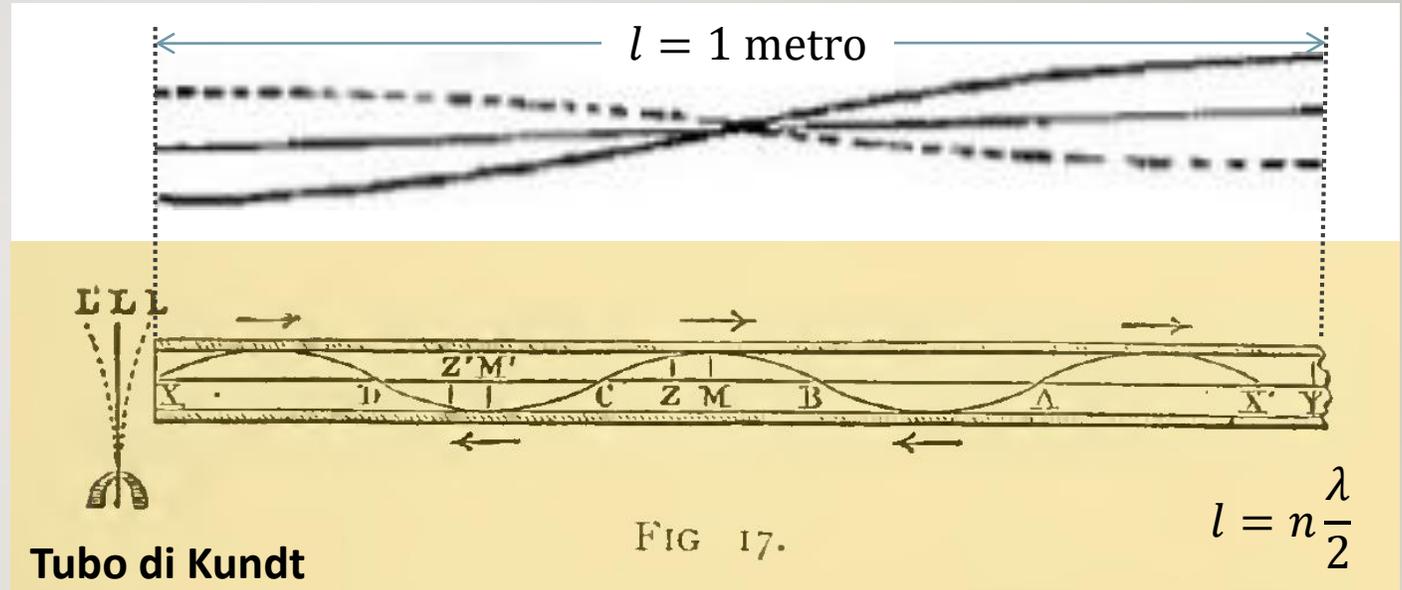
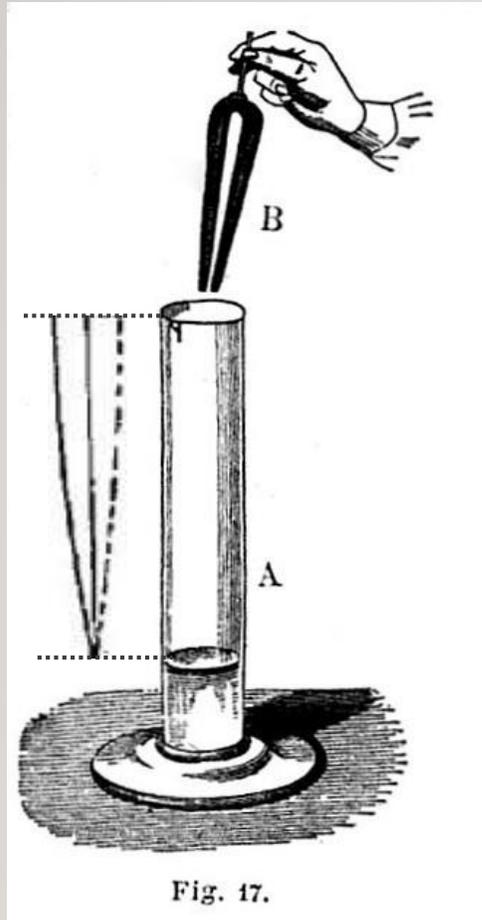
[  $v = 344 \text{ m/s @ } 20^\circ\text{C}$  ]

# MISURA DELLA VELOCITÀ DEL SUONO IN ARIA

$$v = \lambda f$$

$v = 331 \text{ m/s}$  a  $0^\circ\text{C}$

$v = 344 \text{ m/s}$  a  $20^\circ\text{C}$



**Nota.** In un tubo aperto, la posizione reale del ventre è all'esterno del tubo risonante, a una distanza di circa  $0,6 R$  dal bordo ( $R$  è il raggio del tubo)

$$l = \left(n - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{2}$$

# L'ACUSTICA E LE NUOVE TECNOLOGIE



Physics Toolbox Suite



Frequency Sound Generat...



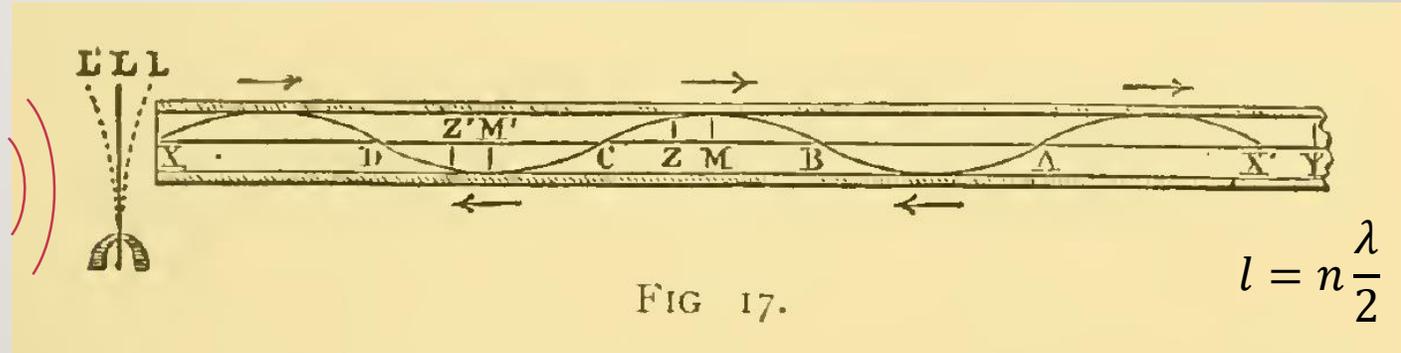
Simple Tuner



Strobily



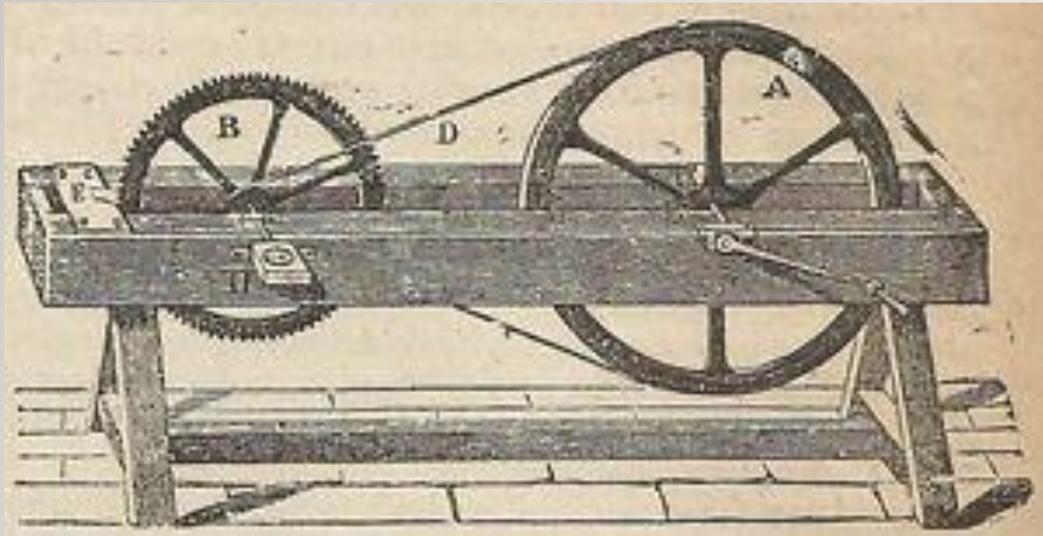
Tubo di Kundt



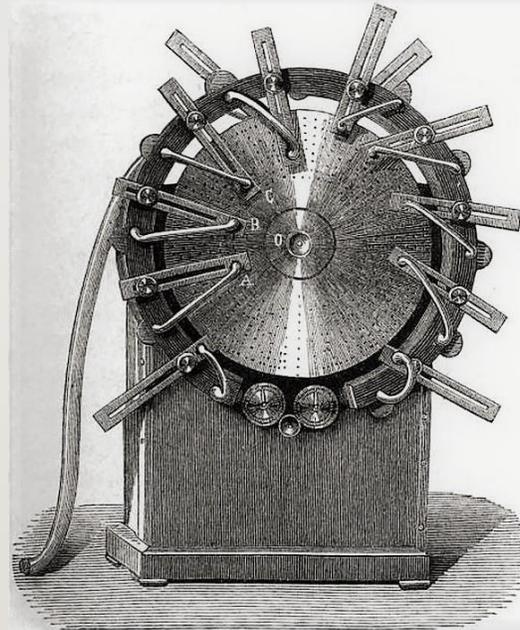
$$\lambda = 2l = 2 \text{ m}; f = 168 \text{ Hz} \Rightarrow v = 2 \times 168 = 336 \text{ m/s}$$

# GENERARE SUONI PURI: LE SIRENE

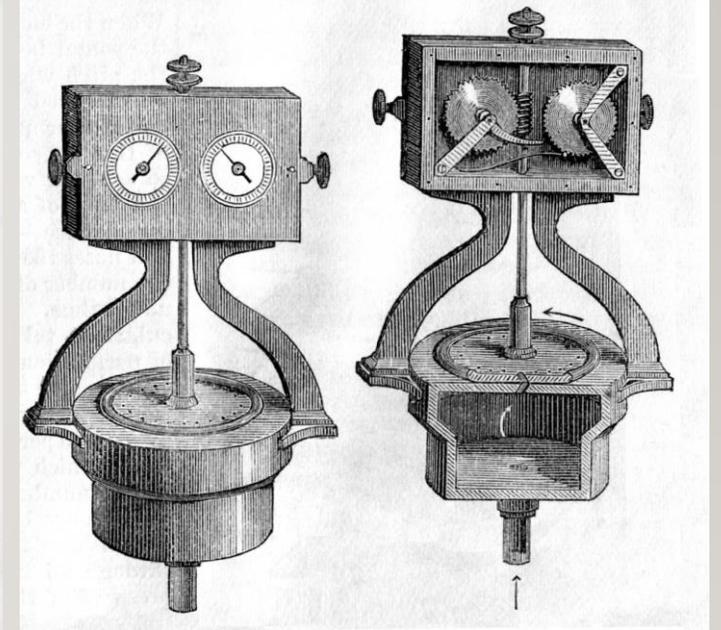
Ruota di Savart  
(1791 - 1841)



Sirena di Seebeck  
(1770 - 1831)

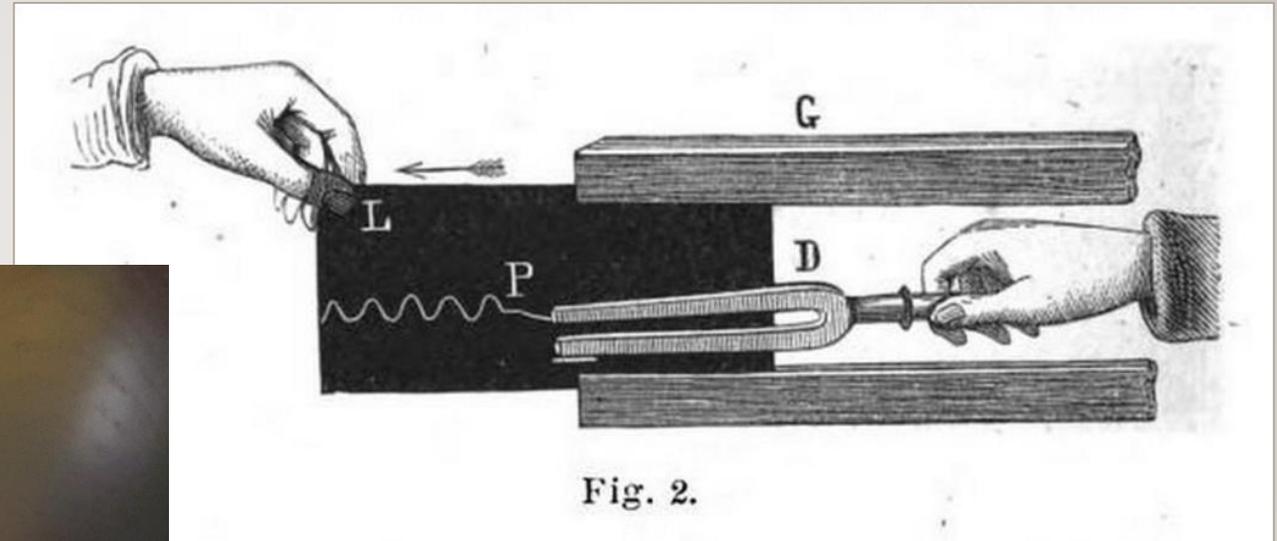
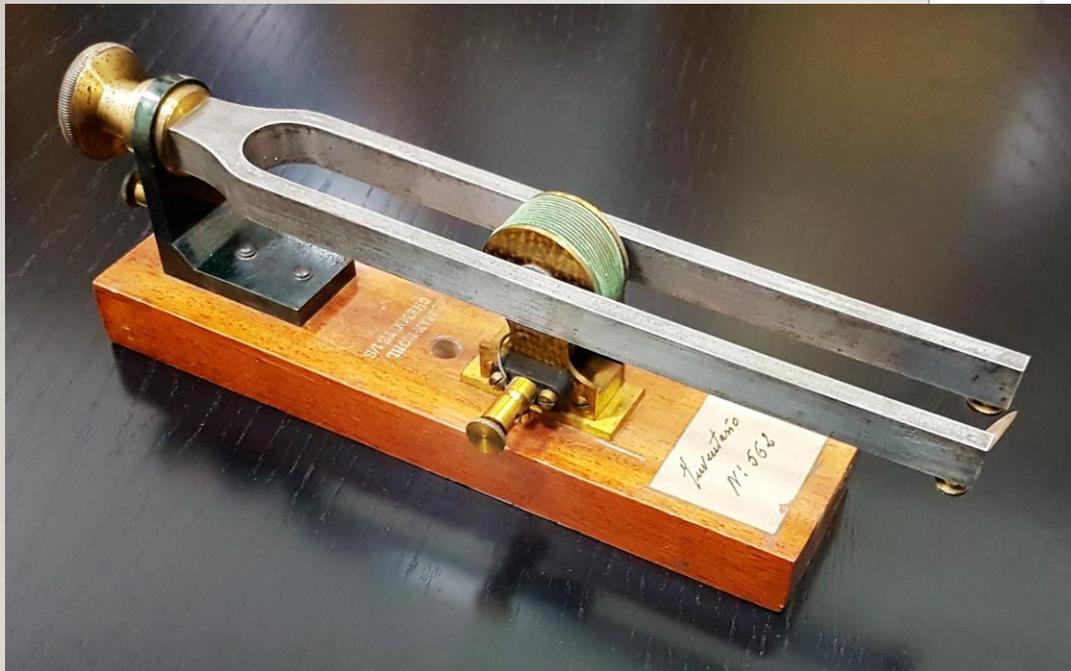


Sirena di Cagniard de Latour  
(1777 - 1859)



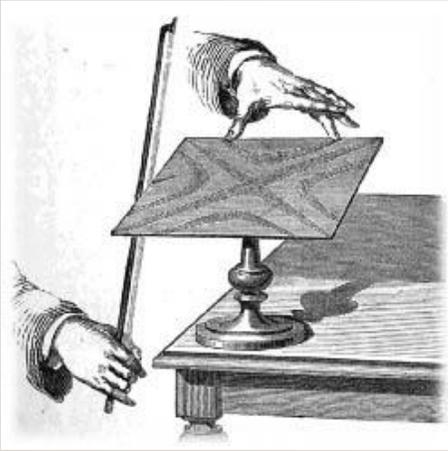
# COME VISUALIZZARE LE VIBRAZIONI SONORE

Diapason cronografico elettromagnetico



Diapason cronografico

# COME VISUALIZZARE LE VIBRAZIONI SONORE (2)



Il fisico tedesco **Ernst Florens Friedrich Chladni** (1756 - 1827), munito di un archetto da violino, suonava piastre di vetro per studiare il comportamento di lastre di diverse forme sotto l'effetto delle vibrazioni sonore.

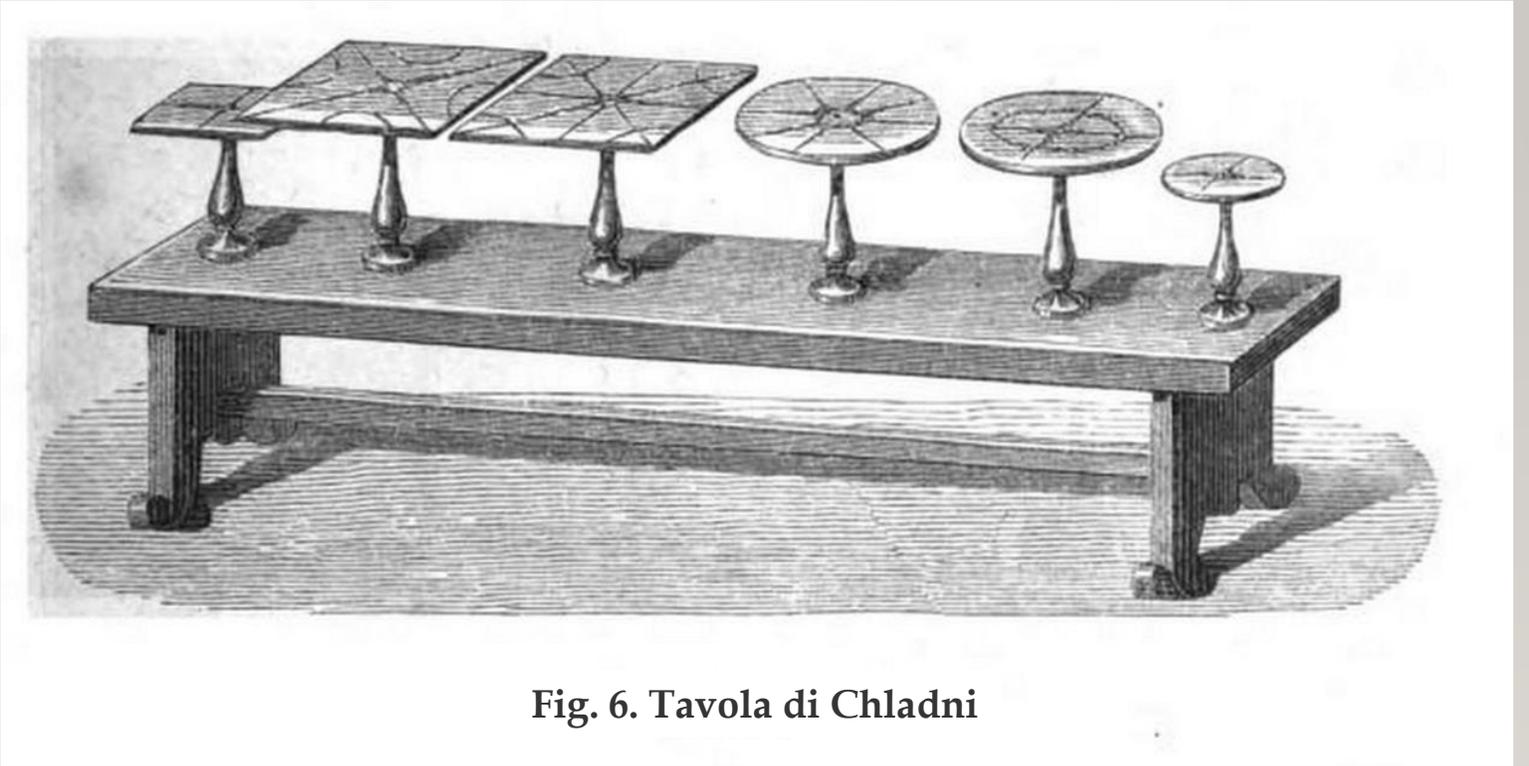
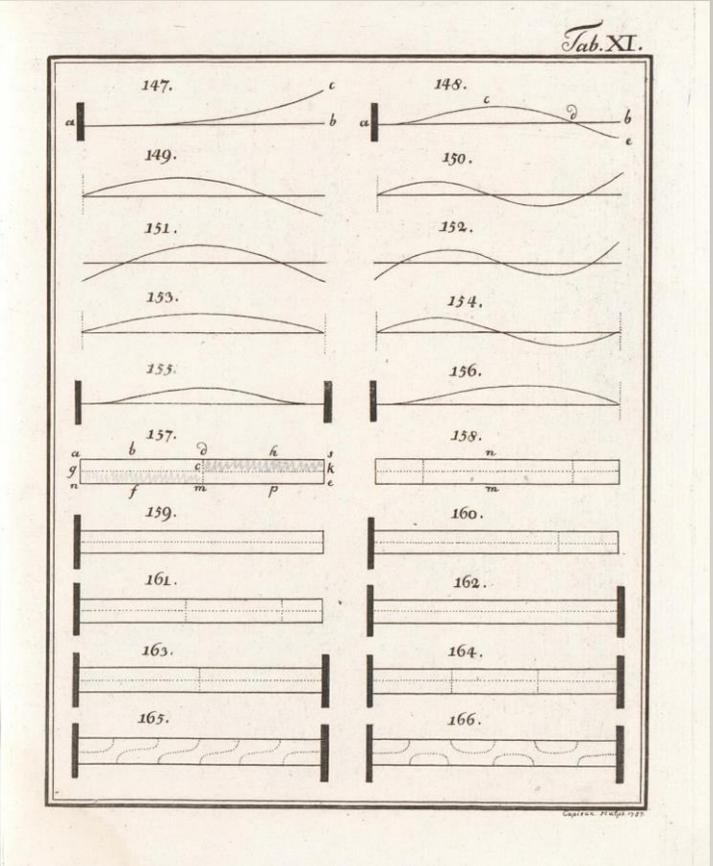
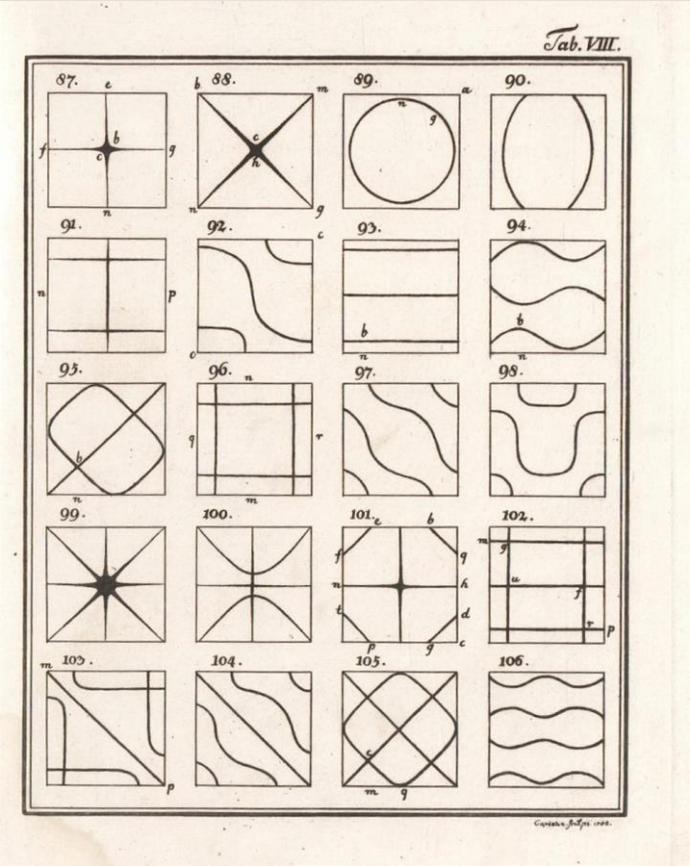
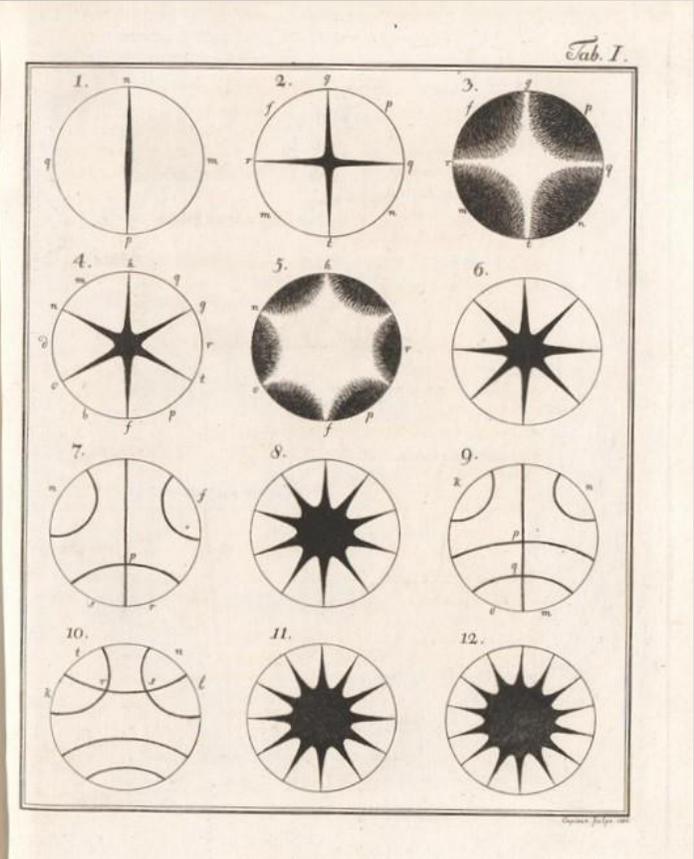


Fig. 6. Tavola di Chladni

# LE FIGURE DI CHLADNI



E. F. F. Chladni, *Entdeckungen über die Theorie des Klanges*, Weidmanns Erben und Reich, Leipzig 1787

# LA TAVOLA DI CHLADNI DELLA COLLEZIONE

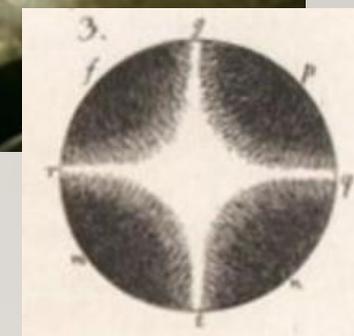
---



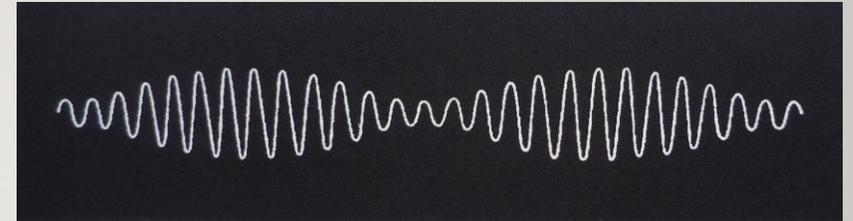
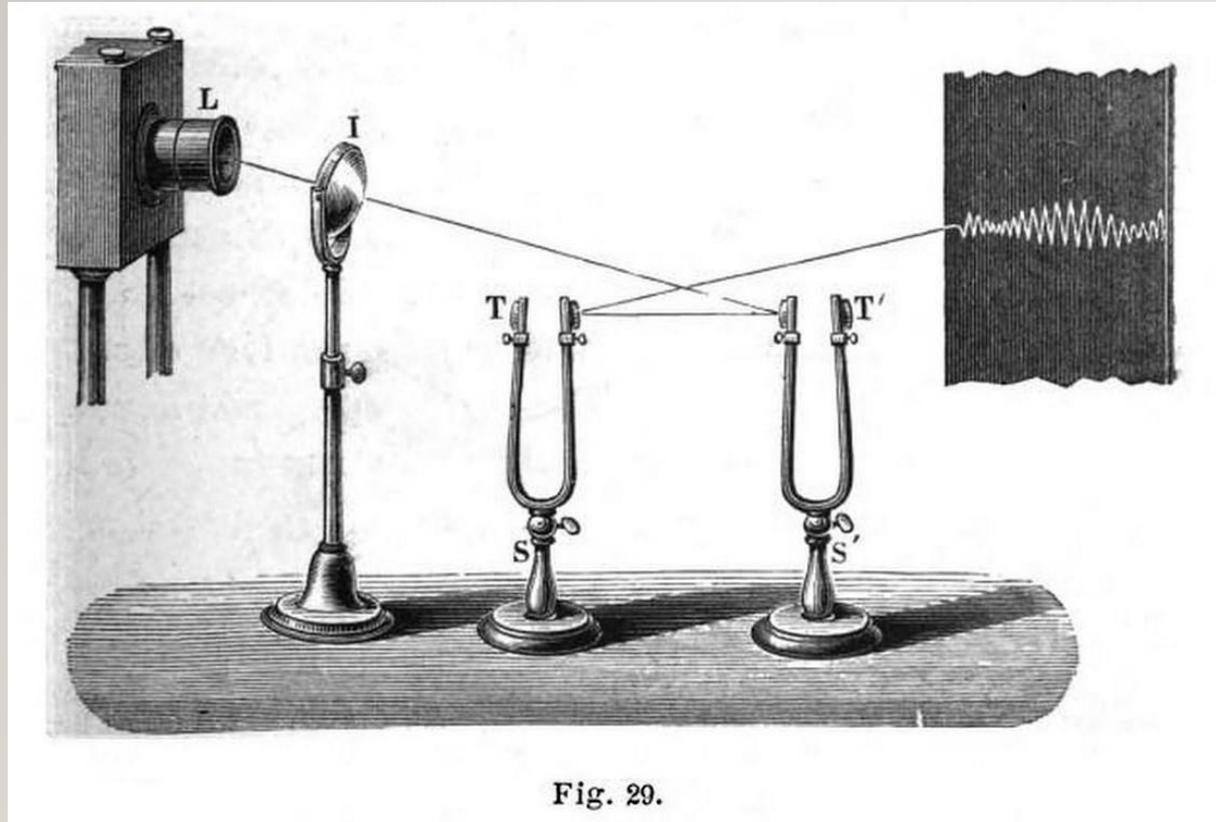
# LA CAMPANA CINESE (O TIBETANA) AD ACQUA

Il **LONGXI**, bronzo cinese risalente a più di mille anni fa durante la dinastia Han, prende il nome dall'immagine di 4 draghi che compare sul fondo.

Il **LONGXI**, o campana cinese, forma dei zampilli d'acqua tramite attrito e risonanza, generando un fenomeno fisico simile a quello delle onde sonore. Sfregando i due manici della ciotola con le mani, dalla superficie dell'acqua si creano degli zampilli alti fino a 50 cm.



# INTERFERENZA E BATTIMENTI



# INTERFERENZA E BATTIMENTI (2)



Physics Toolbox Suite



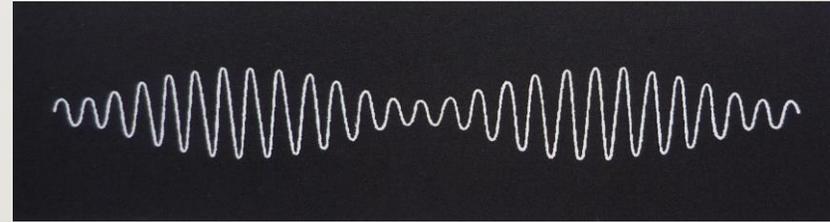
Frequency Sound Generat...



Simple Tuner



Strobily

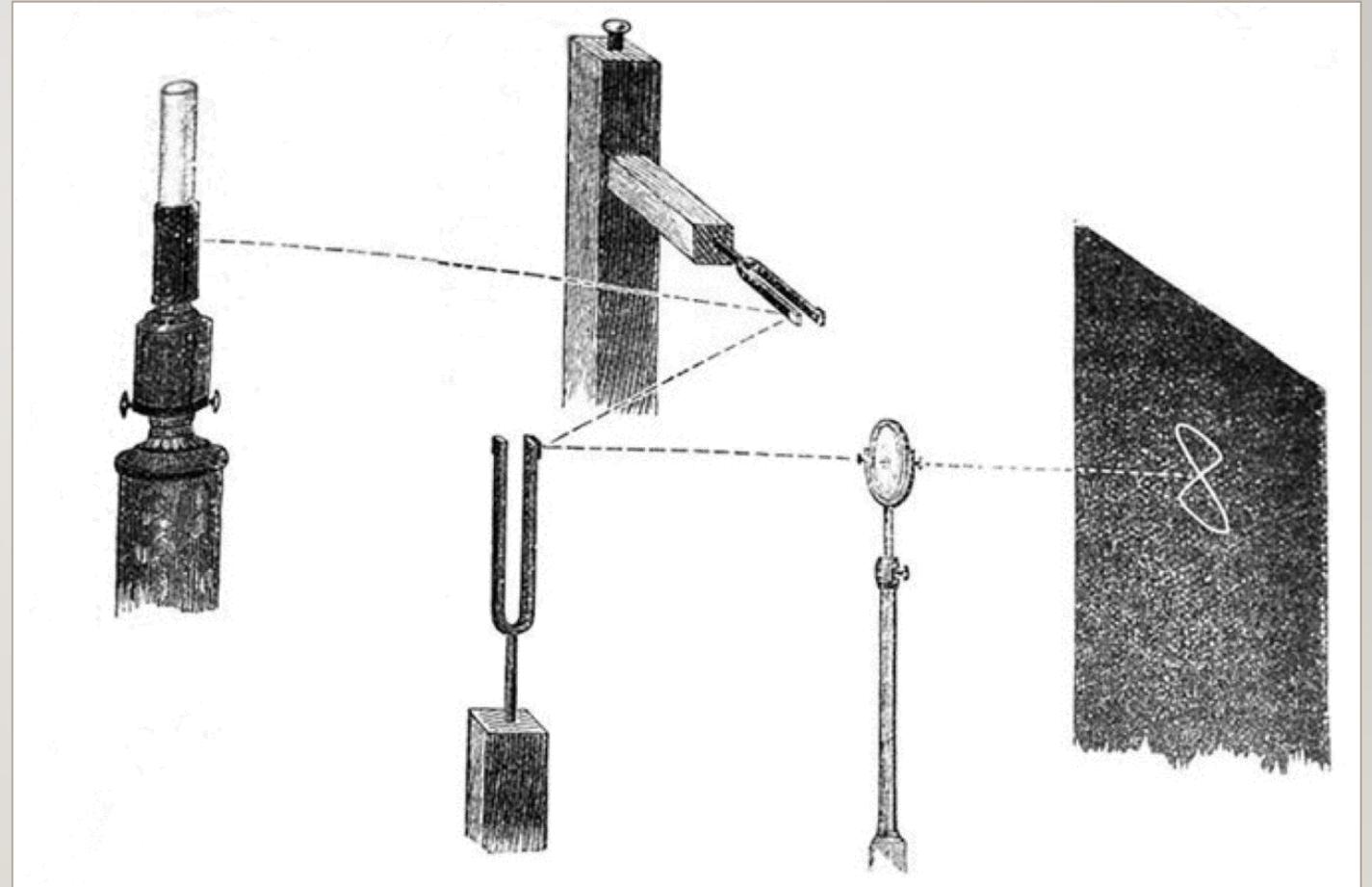


$$\sin(\omega_1 t) + \sin(\omega_2 t) = 2 \cos\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2} t\right) \sin\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} t\right)$$

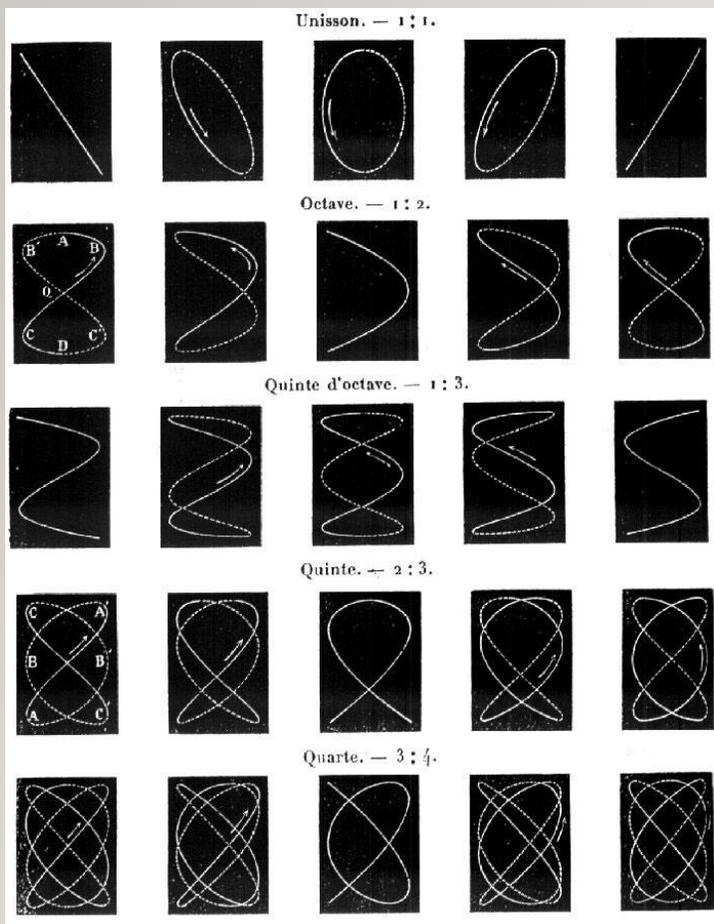
# LE FIGURE DI LISSAJOUS



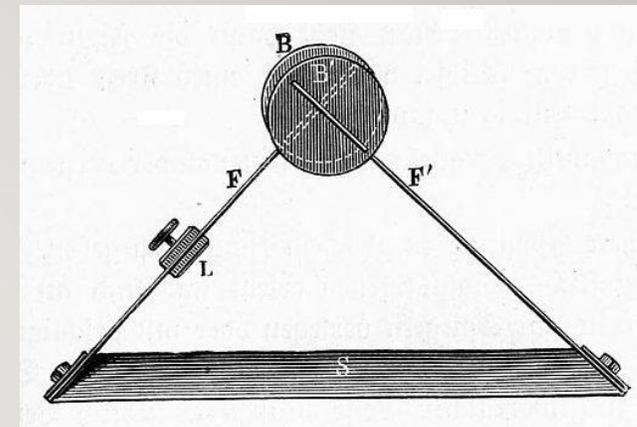
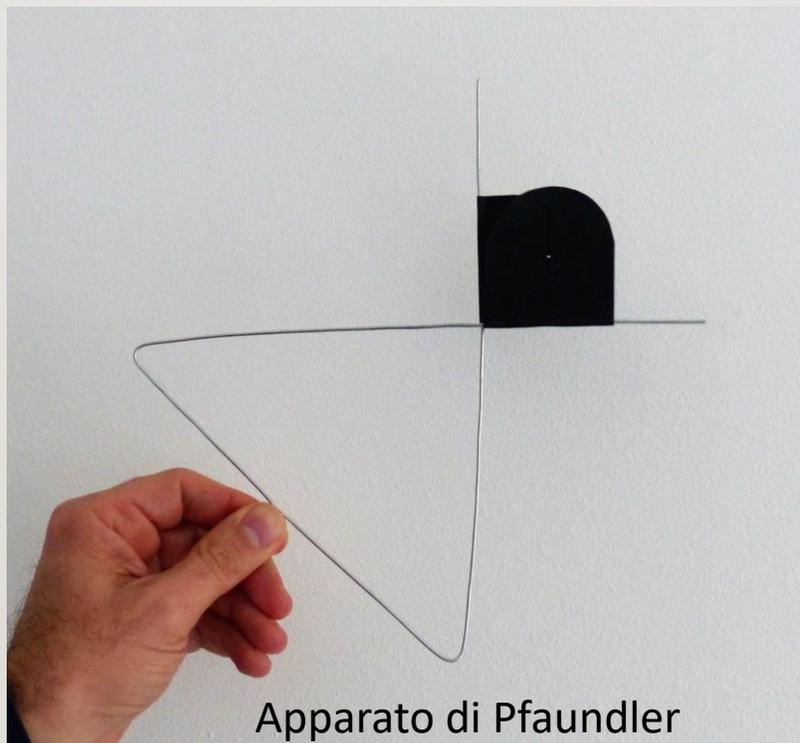
Nel 1857, **Jules Antoine Lissajous** (1822 - 1880) ha pensato un metodo per fare riflettere un fascio luminoso dai rebbi di due diapason vibranti perpendicolarmente l'uno dall'altro.



# LE FIGURE DI LISSAJOUS (2)



*In questo modo, fu possibile visualizzare gli accordi musicali!*

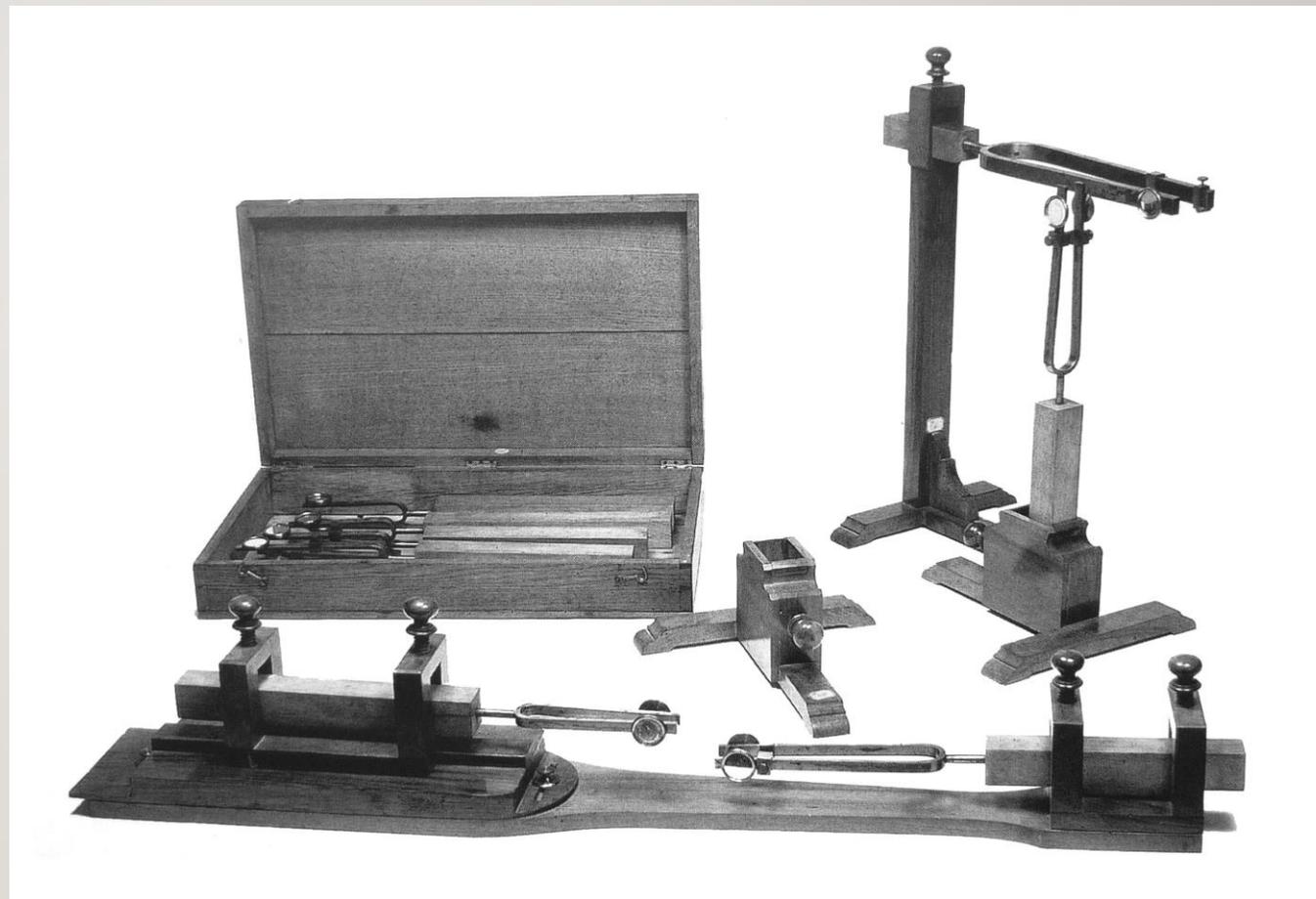


Pfaundler's plate-spring vibrator, 1888  
[physik.uibk.ac.at/museum](http://physik.uibk.ac.at/museum)

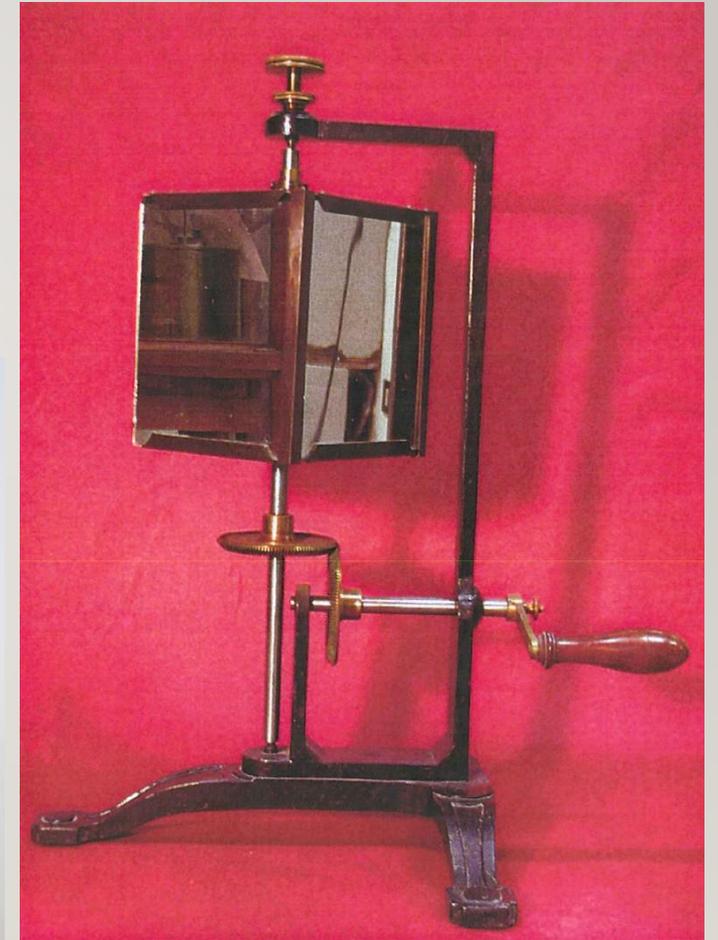
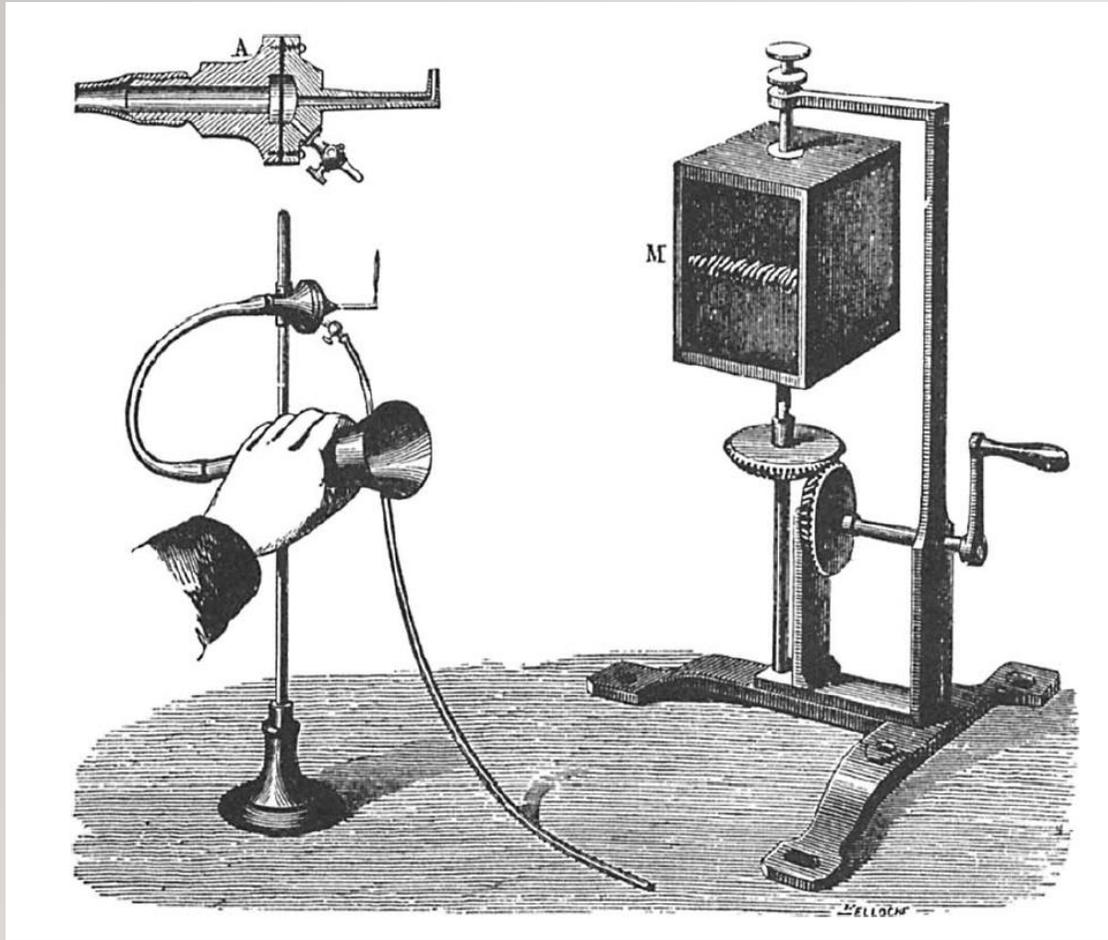
**Leopold Pfaundler (1839 - 1920)**  
*fu un fisico e chimico Austriaco.*

# APPARATO PER LE FIGURE DI LISSAJOUS

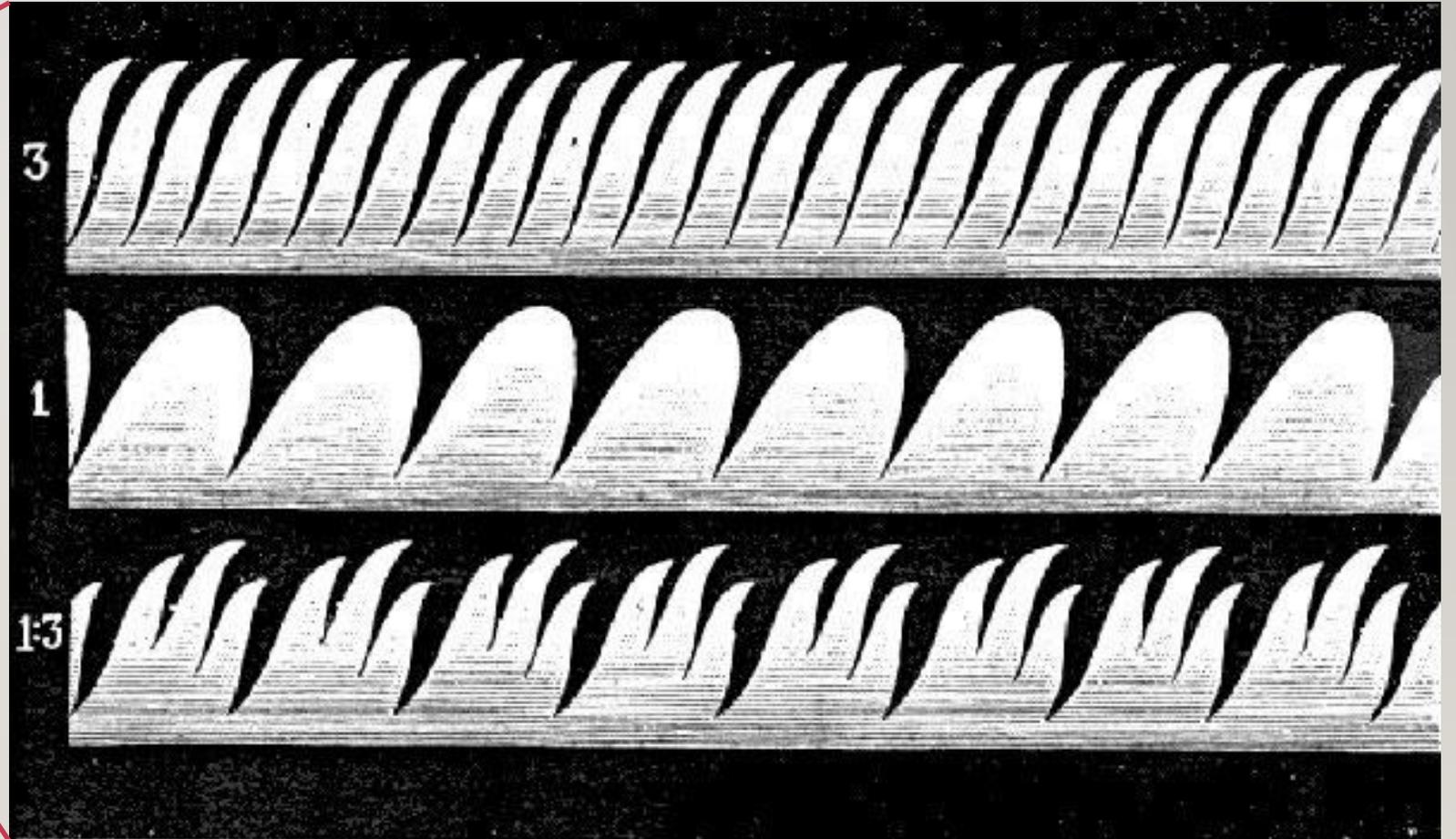
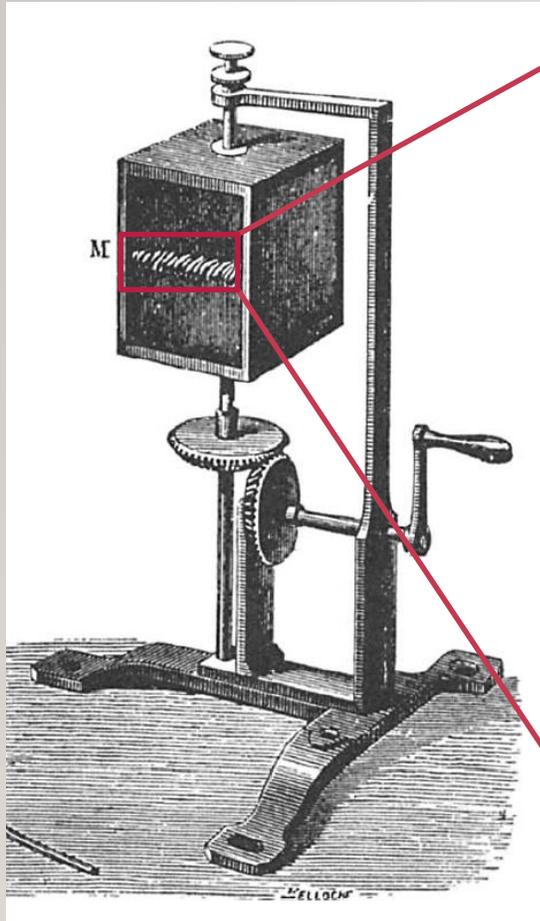
---



# FIAMME MANOMETRICHE E SPECCHI ROTANTI



# FIAMME MANOMETRICHE E SPECCHI ROTANTI (2)



# APPARATO STROBOSCOPICO

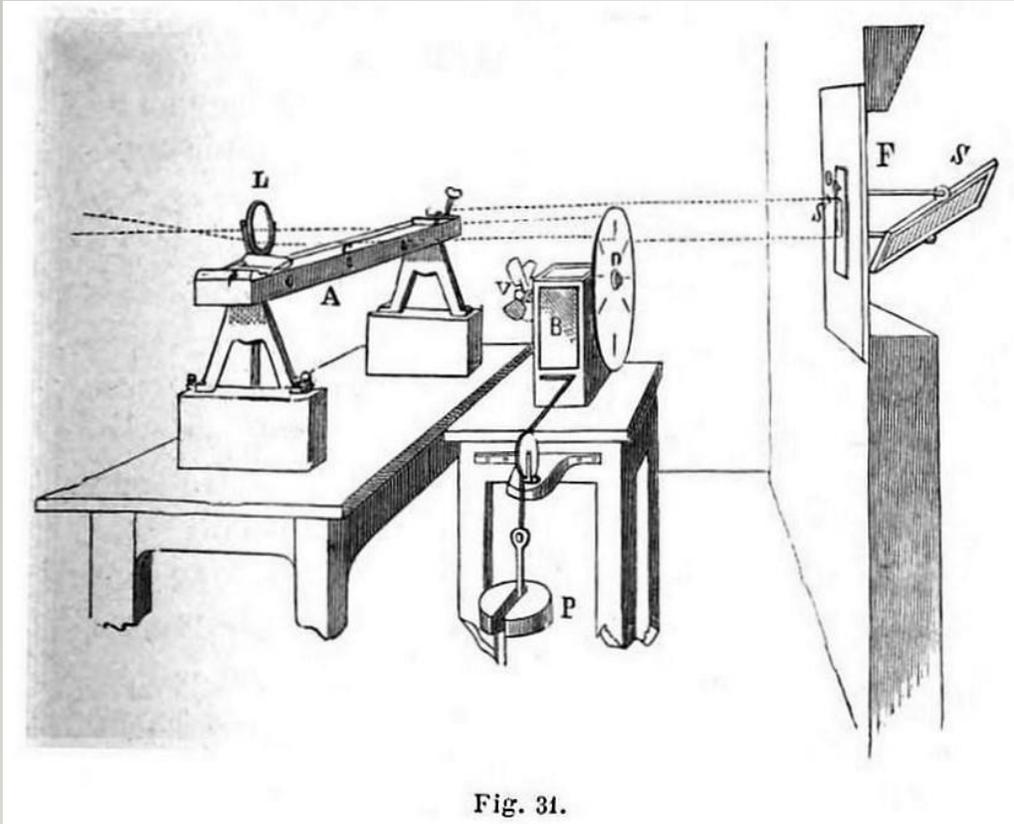


Fig. 31.

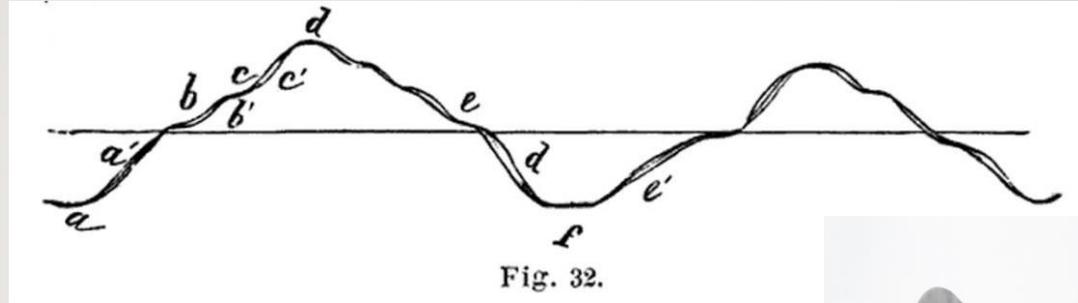
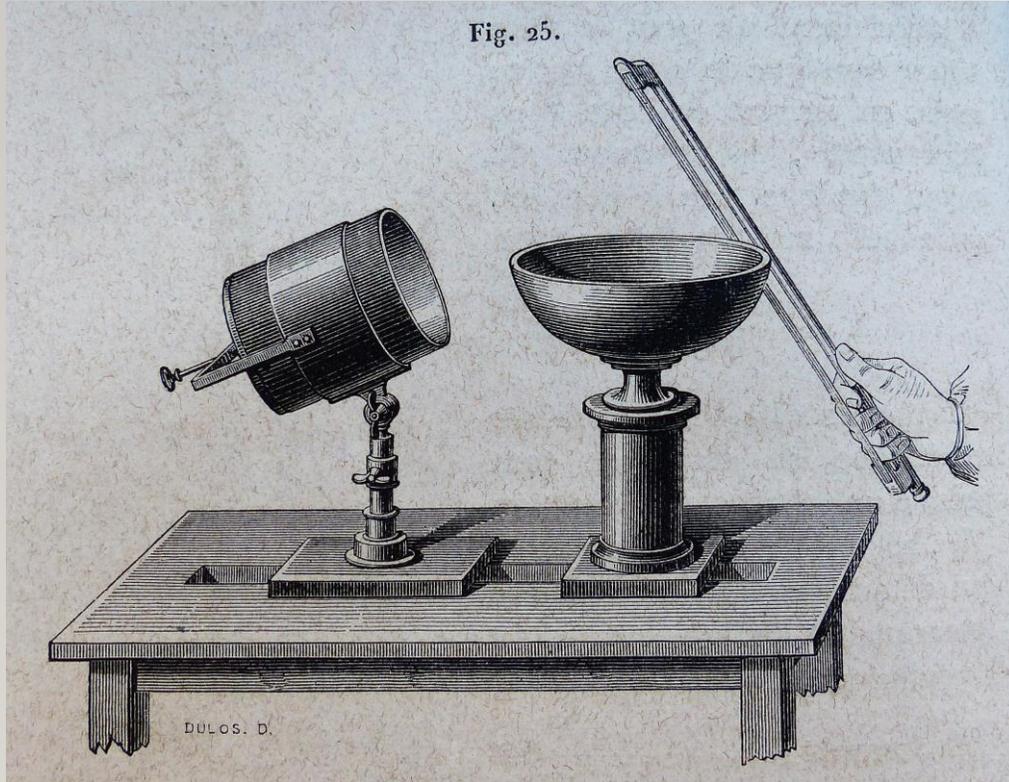


Fig. 32.

Forma osservata quando la corda viene pizzicata a  $1/7$  della sua lunghezza.



# CASSE ARMONICHE E RISUONATORI DI HELMHOLTZ



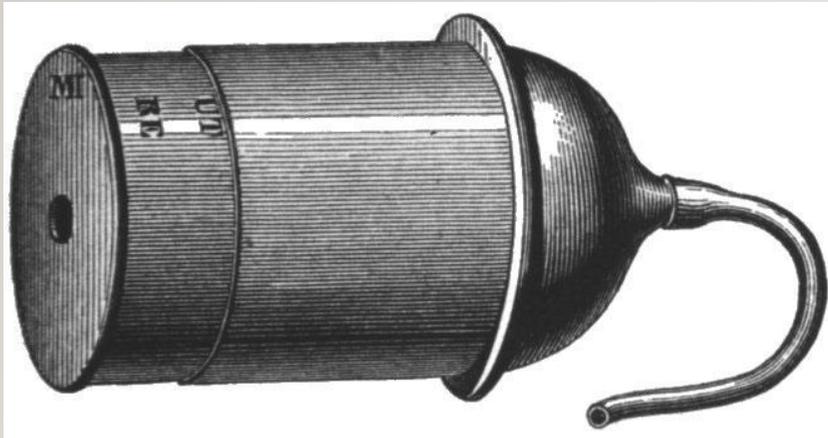
Alla fine del XIX sec, Savart ideò un apparato per dimostrare il fenomeno della risonanza, che consiste di una campana e una cassa di risonanza mobile.

# CASSE ARMONICHE E RISUONATORI DI HELMHOLTZ (2)

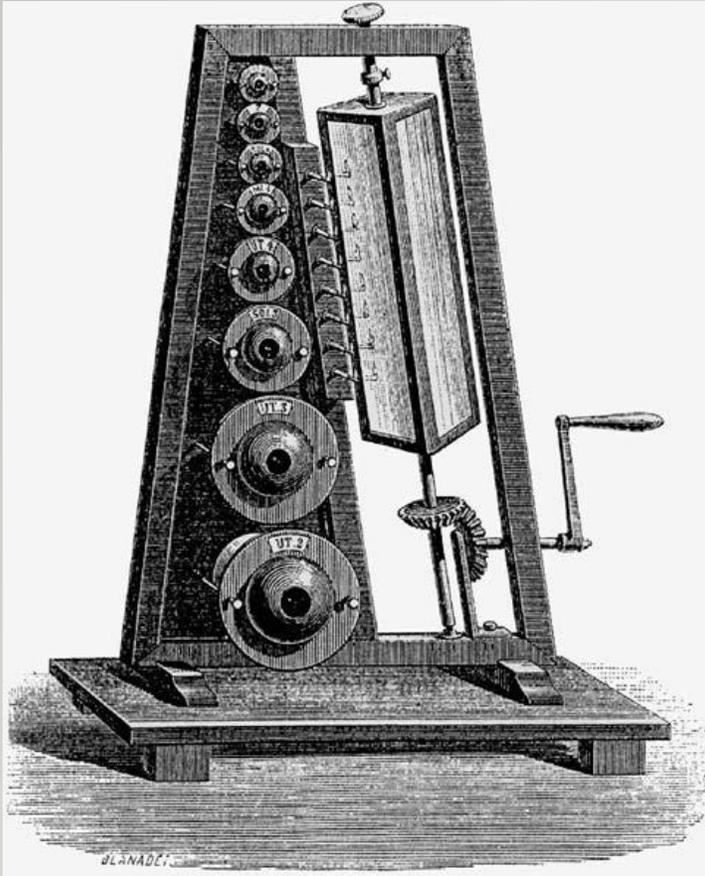


Grazie al fenomeno della risonanza, la frequenza propria della cavità viene considerevolmente rinforzata consentendo all'orecchio di percepire distintamente questa frequenza fra le altre eventualmente presenti nel suono.

$$f = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{LV}}$$



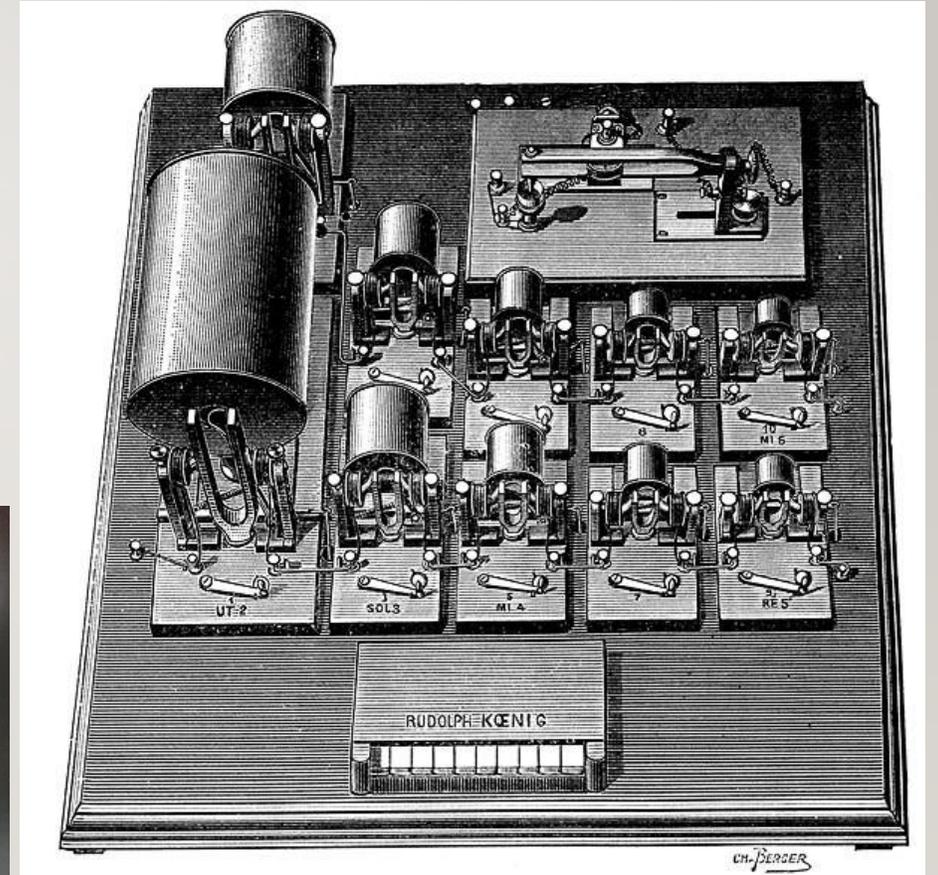
# ANALIZZATORE E SINTETIZZATORE DI HELMHOLTZ



Koenig costruì un analizzatore con 14 risonatori cilindrici telescopici a frequenza variabile (detti risonatori accordabili di Koenig), accordati per le note musicali in modo da coprire l'intervallo di frequenze comprese fra 96 e 1280 Hz.



Apparato per l'analisi spettrale dei suoni



Apparato per la generazione di suoni composti

# LA REGISTRAZIONE E LA RIPRODUZIONE DEI SUONI

---

Disk music box  
(polyphon o carillon a disco)



H. Graf, *Changeable-pin disk for mechanical music-boxes*, US patent No. 1027245 (1912)

Disco puntinato

# PIETRO BLASERNA E GLI STRUMENTI DI ACUSTICA



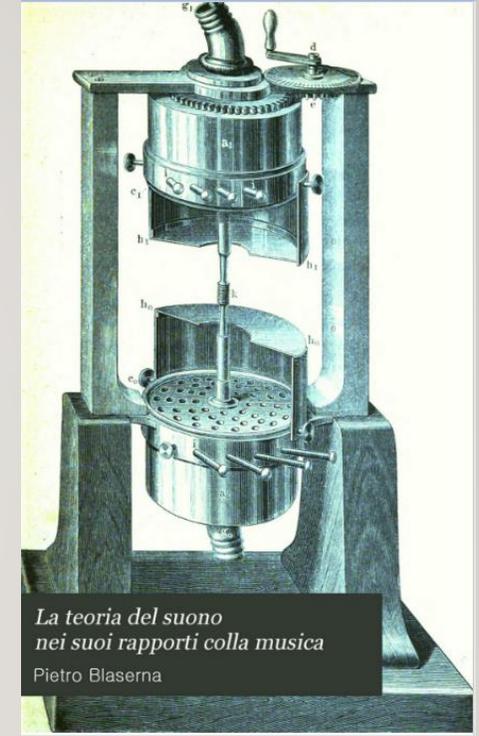
Pietro Blaserna (1836 - 1918)

Nell'aprile del 1863, Pietro Blaserna fu nominato Professore di Fisica sperimentale all'Università di Palermo. Qui pubblicò vari lavori sull'elettricità, ottica, tra cui uno sulla polarizzazione della corona solare osservata in Augusta durante l'eclisse totale del 22 dicembre 1870 (*Il Nuovo Cimento* 6, 1871), e sul calore (*Teoria dinamica del calore*, 1872).

*In April 1863, Pietro Blaserna was appointed Professor of Experimental Physics at the University of Palermo. Here he published several works on electricity, optics, including one on the polarization of the solar corona observed in Augusta during the total eclipse of December 22, 1870 (*Il Nuovo Cimento* 6, 1871), and on heat (*Dynamic Heat Theory*, 1872).*

Aurelio Agliolo Gallitto

Aurelio Agliolo Gallitto



*La teoria del suono  
nei suoi rapporti colla musica*  
Pietro Blaserna

P. Blaserna, *The theory of sound in its relation to music*, H.S. King & Co. London 1876

Palermo, 15 marzo 2017

Palermo, 1 marzo 2018

# RUDOLPH KOENIG (1832 – 1901)

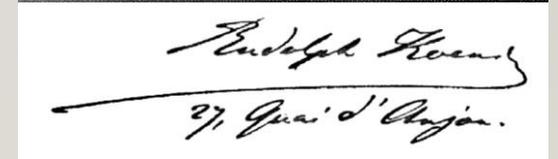
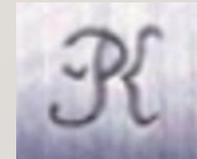
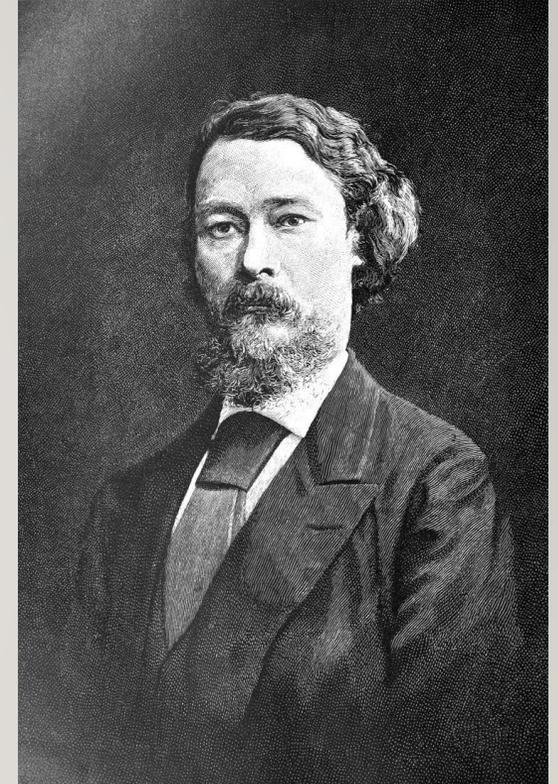
---

Il più prestigioso ideatore e costruttore di strumenti per l'acustica della seconda metà dell'Ottocento, **Rudolph Koenig** fu allievo di von Helmholtz a Koenigsberg (Germania), dove si laureò in fisica. Nel 1851 si trasferì a Parigi dove lavorò come apprendista per il liutaio Vuillaume.

Nel 1858 iniziò un'attività in proprio come progettista e costruttore di strumenti per l'acustica. Divenne fornitore di laboratori europei e statunitensi. Il suo catalogo, nel 1882, conteneva ben 262 articoli.

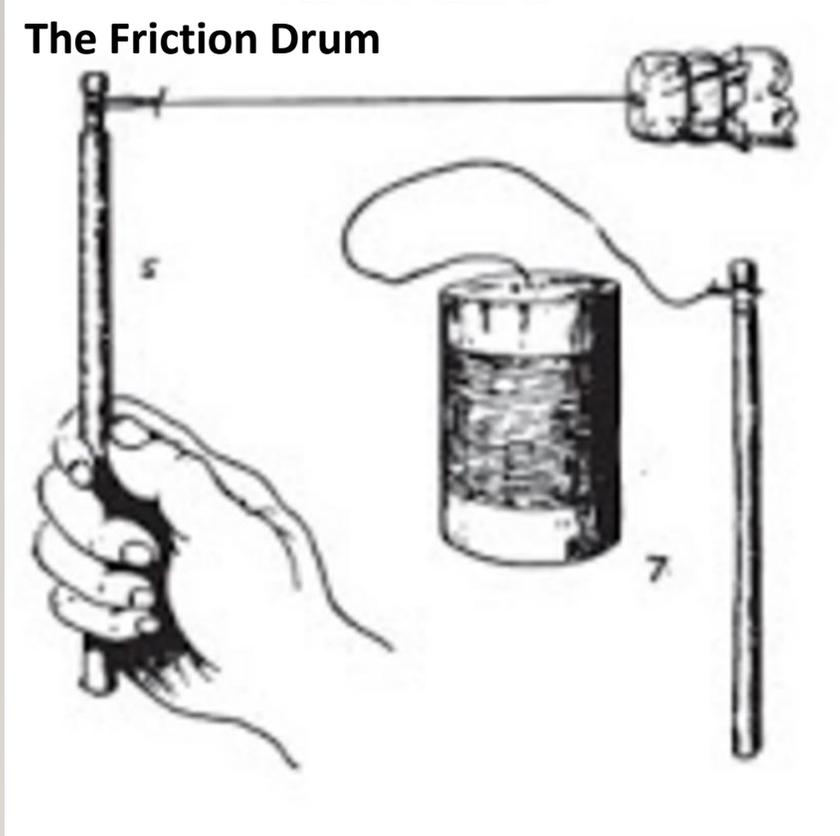
*“RUDOLPH KOENIG, the most distinguished living inventor and mechanician in the domain of acoustics”.*

W. Le Conte Stevens, *Sketch of Rudolph Koenig*, Popular Science Monthly 37 (1890) 545



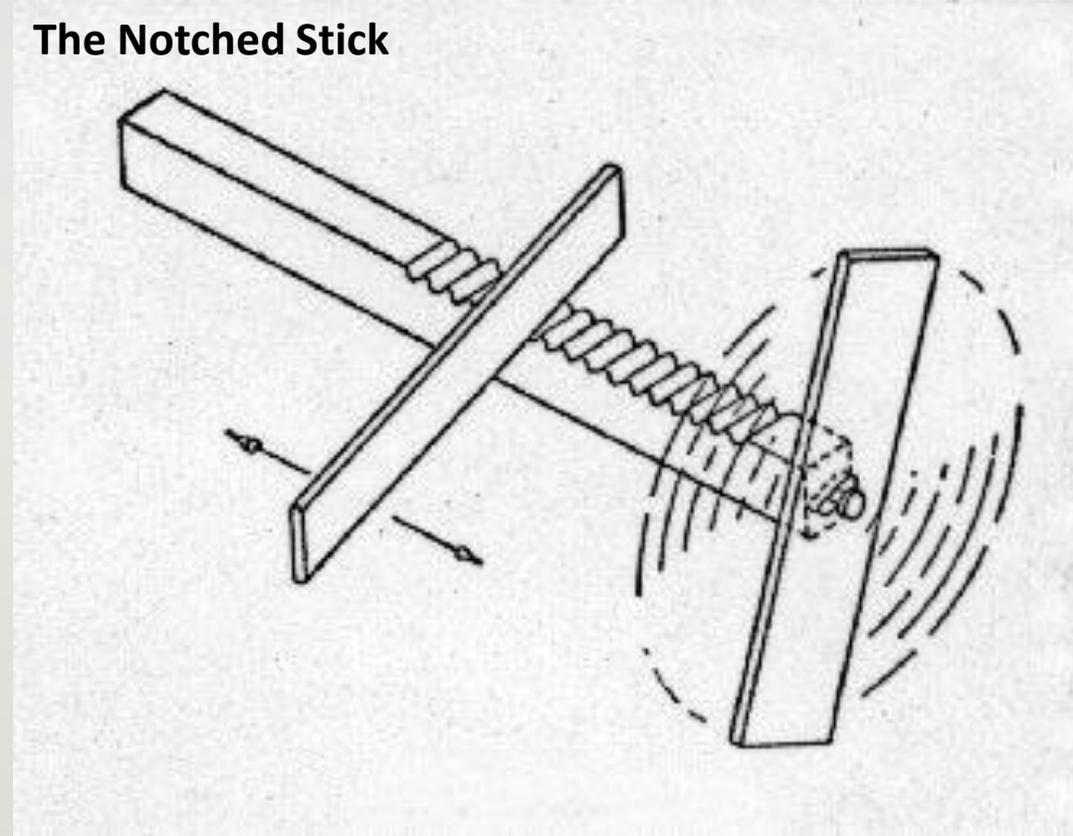
# DUE “CURIOSI” STRUMENTI

The Friction Drum



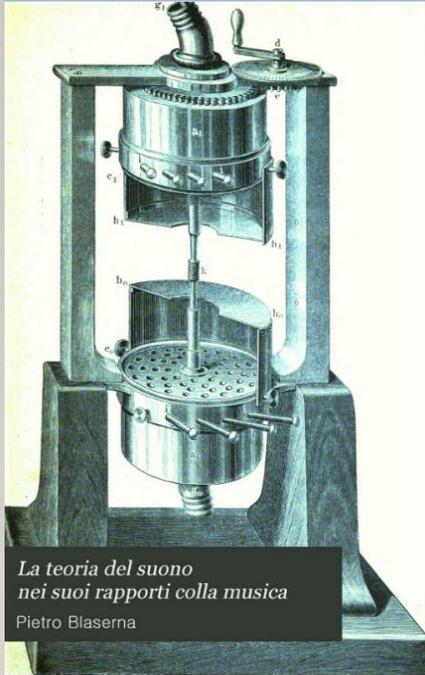
H. Balfour, *The Friction Drum*, J. Anthropological Inst. (1907)

The Notched Stick

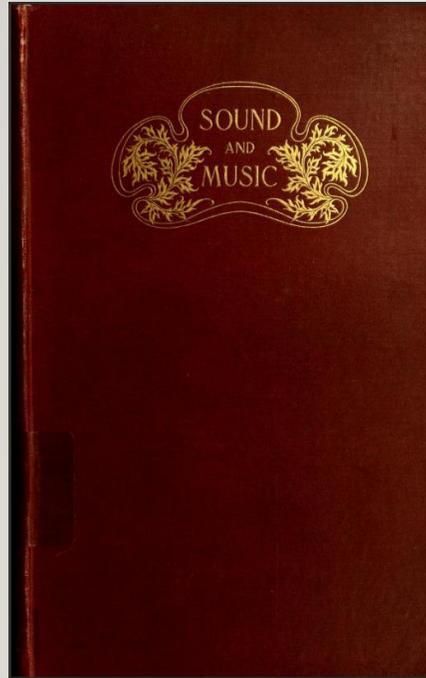


J. Sumner Miller, *The Notched Stick*, American J. Phys. 23 (1955) 176

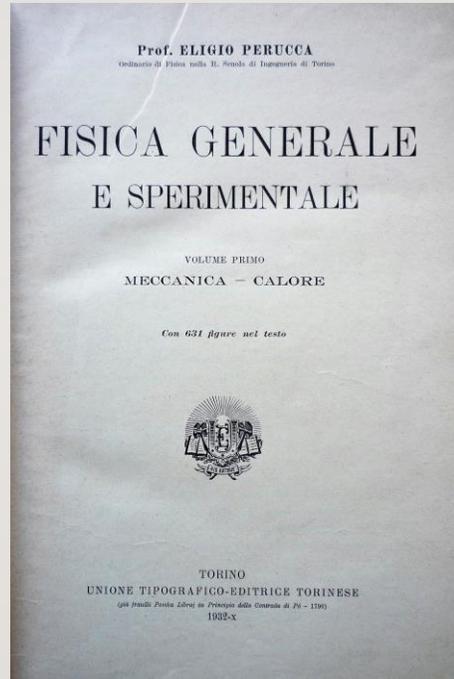
# TESTI DI RIFERIMENTO



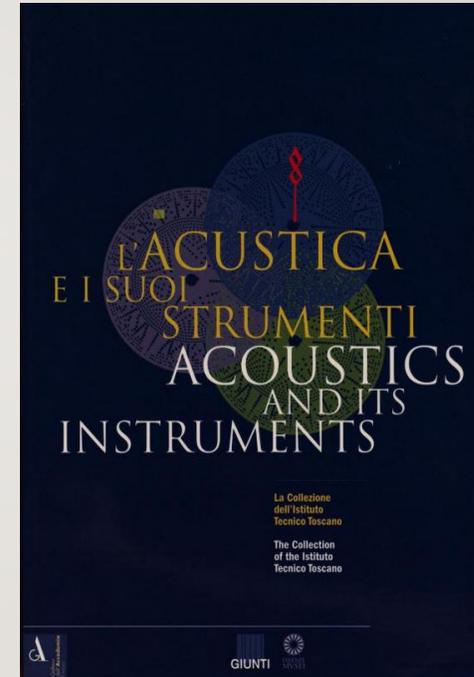
P. Blaserna, *La teoria del suono nei suoi rapporti colla musica*, F.lli Dumolard, Milano 1875



J. A. Zahm, *Sound and music*, A.C. McClurg & Co. Chicago 1900



E. Perucca, *Fisica Generale e Sperimentale. Meccanica e calore*, Vol. I, UTET Torino 1932



A. Giatti, M. Miniati, *L'acustica e i suoi strumenti*, Giunti, Firenze 2001



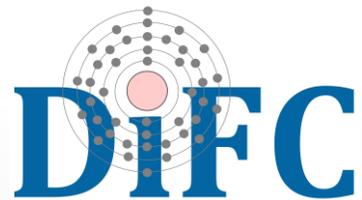
A. Agliolo Gallitto, I. Chinnici, F. Bartolone, *Catalogo degli strumenti di Acustica*, Università di Palermo 2017

# BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

---

-  P. Blaserna, *La teoria del suono nei suoi rapporti colla musica*, F.lli Dumolard, Milano 1875
-  J. A. Zahm, *Sound and music*, A.C. McClurg & Co. Chicago 1900.
-  E. Perucca, *Fisica Generale e Sperimentale. Meccanica e calore*, Vol. I, UTET Torino 1932
-  T. B. Greenslade Jr., *The acustical apparatus of Rudolph Koenig*, *The Pysics Teacher* 30 (1992) 518
-  P. Brenni, *The triumph of experimental acoustics*, *Bulletin Sci. Instr. Soc.* 44 (1995) 13
-  E. F. F. Chladni, *Entdeckungen über die Theorie des Klanges*, Weidmanns Erben und Reich, Leipzig 1787
-  F. Hauksbee, *Physico-mechanical experiments on various subjects*, London 1709, pag. 101
-  A. Giatti, M. Miniati, *L'acustica e i suoi strumenti*, Giunti, Firenze 2001
-  [sites.google.com/site/aurelioagliologallitto/collezione-storica/catalogo/acustica](https://sites.google.com/site/aurelioagliologallitto/collezione-storica/catalogo/acustica)
-  [fisicaondemusica.unimore.it](http://fisicaondemusica.unimore.it)
-  Monoskop, [monoskop.org/Ernst\\_Chladni](http://monoskop.org/Ernst_Chladni)
-  Museo di Fisica, Università «La Sapienza» di Roma, [www.phys.uniroma1.it/DipWeb/museo/acustica.htm](http://www.phys.uniroma1.it/DipWeb/museo/acustica.htm)
-  Whipple Museum, University of Cambridge, [www.sites.hps.cam.ac.uk/whipple/explore/acoustics/](http://www.sites.hps.cam.ac.uk/whipple/explore/acoustics/)
-  YouTube, Canale della Fond.ne Scienza e Tecnica di Firenze





TOYS FROM TRASH

ASSOCIAZIONE  
PALERMO **SCIENZA**

---

GRAZIE!