

# Collezione Storica degli Strumenti di Fisica



Aurelio Agliolo Gallitto  
Ileana Chinnici  
Fulvia Bartolone

*Gli strumenti di Acustica presentati nel Catalogo fanno parte della Collezione Storica degli Strumenti di Fisica esposta presso il Dipartimento di Fisica e Chimica dell'Università degli Studi di Palermo, nell'edificio storico di via Archirafi 36. La maggior parte di questi strumenti sono stati realizzati nella seconda metà del XIX secolo a Parigi dal costruttore Rudolph Koenig e acquistati dal fisico Pietro Blaserna durante la sua permanenza a Palermo quale titolare della cattedra di Fisica Sperimentale. Questo Catalogo vuole essere il primo di una serie di pubblicazioni riguardanti la Collezione Storica degli Strumenti di Fisica per la valorizzazione del patrimonio culturale che essa oggi custodisce.*

Aurelio Agliolo Gallitto

Ileana Chinnici

Fulvia Bartolone

Collezione Storica degli  
Strumenti di Fisica

# **Catalogo degli strumenti di Acustica**

Università degli Studi di Palermo

Dipartimento di Fisica e Chimica

Aurelio Agliolo Gallitto, Ileana Chinnici e Fulvia Bartolone  
COLLEZIONE STORICA DEGLI STRUMENTI DI FISICA:  
CATALOGO DEGLI STRUMENTI DI ACUSTICA

Copyright © 2017 Università degli Studi di Palermo

L'esperienza suggerisce che scrivere un libro privo di errori è praticamente impossibile, per questo motivo gli autori saranno grati a chiunque vorrà segnalare eventuali errori e suggerimenti inviando un e-mail a: aurelio.agliologallitto@unipa.it.



L'opera *Collezione Storica degli Strumenti di Fisica: Catalogo degli strumenti di Acustica* di Aurelio Agliolo Gallitto, Ileana Chinnici e Fulvia Bartolone è distribuita con Licenza Creative Commons, Attribuzione - Non commerciale - Non opere derivate 3.0 Italia. Per le citazioni, le riproduzioni grafiche e fotografiche appartenenti alla proprietà di terzi, inseriti nell'opera, gli autori sono a disposizione degli aventi diritto non potuti reperire, nonché per eventuali non volute omissioni e/o errori di attribuzione nei riferimenti bibliografici.

Nella foto in copertina è mostrata la Tavola di Chladni, del 1864, costruita da Rudolph Koenig.

# Indice

<b>Indice</b>	<b>i</b>
<b>Prefazione</b>	<b>iii</b>
<b>Presentazione</b>	<b>1</b>
La Collezione Storica degli Strumenti di Fisica . . . . .	1
Gli Strumenti di Acustica . . . . .	2
<b>Catalogo</b>	<b>5</b>
1.1 Coppia di timbri di Savart . . . . .	6
1.2 Diapason cronografico . . . . .	8
1.3 Tavola di Chladni . . . . .	10
1.4 Canna rettangolare . . . . .	12
1.5 Canna piramidale . . . . .	14
1.6 Ancia . . . . .	16
1.7 Tubo di Kundt . . . . .	18
1.8 Capsula manometrica e specchi rotanti . . . . .	20
1.9 Pallone per il suono . . . . .	24
1.10 Campanello elettrico . . . . .	26
1.11 Cassa armonica . . . . .	28
1.12 Diapason con cassa armonica . . . . .	30
1.13 Risonatori di Helmholtz . . . . .	34
1.14 Sirena di Cagniard de La Tour . . . . .	36
1.15 Sirena di Seebeck . . . . .	38
1.16 Apparato stroboscopico . . . . .	42
1.17 Metronomo di Maelzel . . . . .	45
1.18 Disco puntinato . . . . .	48

---

Appendice A - Cenni sullo sviluppo storico degli strumenti di Acustica	51
Appendice B - Breve biografia di Pietro Blaserna	55
Appendice C - <i>Catalogo Blaserna</i>	61
Appendice D - Note del <i>Registro Blaserna</i>	63
Appendice E - Frequenze e notazioni musicali	65
Appendice F - Cenni sui criteri di conservazione e restauro	67
Bibliografia e sitografia	69
Indice analitico	75
Ringraziamenti	77

# Prefazione

L'occasione offerta dal Progetto MIUR "Musica e Scienza degli Strumenti", diretto dal liceo musicale "Regina Margherita" con la collaborazione del Dipartimento di Fisica e Chimica (DiFC), ha fornito l'opportunità di presentare, anche a un pubblico di non specialisti, gli strumenti di Acustica della Collezione Storica degli Strumenti di Fisica esposta presso l'edificio storico di via Archirafi 36 del DiFC. La maggior parte di questi strumenti risale al periodo storico in cui Pietro Blaserna (1836 - 1918) ha diretto l'Istituto di Fisica dell'Università degli Studi di Palermo. Blaserna, personalmente interessato alla musica, grazie al favorevole clima di cambiamento che seguì all'Unità d'Italia, acquistò svariati strumenti dal costruttore parigino Rudolph Koenig (1832 - 1901). Gli strumenti erano destinati principalmente alla didattica ma probabilmente furono anche utilizzati da Blaserna per la preparazione di alcune conferenze raccolte nel volume: *La teoria del suono nei suoi rapporti colla musica*, pubblicato da Blaserna nel 1875. Nel presente Catalogo sono illustrati e descritti gli strumenti di Acustica della Collezione dopo i necessari interventi di conservazione, restauro e catalogazione effettuati nell'ambito delle attività di valorizzazione della Collezione in corso da diversi anni.

Palermo, 30 ottobre 2017

*Prof.ssa Stefana Milioto*  
Direttore del Dipartimento di Fisica e Chimica  
Università degli Studi di Palermo





# Presentazione

L'Università degli Studi di Palermo, al fine di coordinare le attività di valorizzazione, conservazione, arricchimento e fruizione del proprio patrimonio culturale, ha istituito il Sistema Museale d'Ateneo (SiMuA), con D.R. N. 1576 del 09/05/2011, e il Centro di Servizi del SiMuA, con D.R. N. 241 del 25/01/2017. Del Sistema Museale d'Ateneo fa parte la Collezione Storica degli Strumenti di Fisica esposta presso l'edificio storico di via Archirafi 36 del DiFC.

La ricognizione della Collezione è iniziata nel 1997, a cura della prof.ssa Giorgia Foderà, e ha portato alla preparazione delle tesi di Laurea in Fisica nel 2002 del dott. Vincenzo Sagone e nel 2016 della dott.ssa Daniela Cirrincione. Attualmente, le attività di catalogazione sono condotte sotto la responsabilità scientifica del prof. Aurelio Agliolo Gallitto in collaborazione con il prof. Roberto Zingales e la dott.ssa Ileana Chinnici.

## La Collezione Storica degli Strumenti di Fisica

La Collezione oggi conta più di 500 strumenti scientifici di interesse storico, di cui i più antichi risalgono all'inizio del XIX secolo. Un notevole incremento degli strumenti della Collezione si ebbe in seguito all'assegnazione nel 1811 della cattedra di Fisica Sperimentale all'abate Domenico Scinà (1764 - 1837). Fu proprio Scinà, infatti, a chiedere all'Università di Palermo di acquistare strumenti di Fisica, per fornire un sussidio didattico-dimostrativo alle lezioni in aula. A questi primi strumenti didattici, si affiancarono successivamente anche strumenti di ricerca.

Circa cinquanta strumenti dell'attuale Collezione sono databili alla prima metà del XIX secolo; la maggior parte di essi furono realizzati in officine locali. Tra questi vale la pena ricordare: il doppio cono e il cilindro impiombato che salgono sul piano inclinato; la sfera armillare in ottone, riconducibile al mecca-

nico inglese Henry Drechsler, formatosi presso l'officina dell'illustre costruttore londinese Jesse Ramsden (1735 - 1800); il rifrattometro realizzato dal meccanico Rosario Caruso nel 1843, su indicazione di Domenico Ragona (1820 - 1892).

La dotazione strumentale subì un progressivo deterioramento negli ultimi anni della dinastia borbonica, periodo in cui venivano usati strumenti obsoleti e ormai usurati dal tempo. Solo nel 1863, con l'arrivo a Palermo del giovane Pietro Blaserna (1836 - 1918), futuro fondatore dell'Istituto di Fisica di via Panisperna a Roma, si riuscì a ribaltare la situazione con l'acquisto di un gran numero di nuovi strumenti dalle più importanti case costruttrici francesi, inglesi e tedesche.

La Collezione oggi comprende strumenti di Meccanica, Acustica, Calorimetria, Ottica, Elettromagnetismo e Spettroscopia, a testimonianza degli interessi prevalenti della ricerca scientifica condotta a Palermo. La maggior parte degli strumenti è databile tra la seconda metà del XIX secolo e la prima metà del XX secolo. Tra questi ultimi, vanno ricordati l'elettrometro e la camera a ionizzazione che furono utilizzati da Emilio Segrè (1905 - 1989), premio Nobel per la fisica nel 1959, per le ricerche scientifiche condotte in collaborazione col mineralogista Carlo Perrier (1886 - 1948) che portarono, nel 1937, alla scoperta del Tecneto (Technetium) nei laboratori dell'Istituto di Fisica dell'Università di Palermo.

## Gli Strumenti di Acustica

Gli strumenti di Acustica presenti nella Collezione sono principalmente strumenti didattici e risalgono alla seconda metà del XIX secolo, periodo in cui l'Acustica iniziò ad assumere una sua significativa importanza come disciplina di laboratorio di Fisica. Fino ad allora, i fenomeni acustici erano stati considerati, da un lato, troppo specialistici per i corsi generali di Fisica che allora si tenevano e, dall'altro lato, poco significativi dal punto di vista sperimentale. Prima dell'arrivo di Blaserna, infatti, nel Gabinetto di Fisica di Palermo erano presenti solamente un sonometro, un non meglio specificato apparecchio per le vibrazioni delle macchine e un diapason. Blaserna, personalmente interessato alla musica e consapevole delle potenzialità che la nuova strumentazione di Acustica potesse avere anche nel campo della Fisica Generale e della Fisica Sperimentale, diede un nuovo impulso a questa disciplina. Infatti, durante la sua permanenza a Palermo, dal 1863 al 1872, grazie al rilancio culturale di Palermo nel periodo post-unitario, Blaserna acquistò svariati strumenti di Acustica principalmente dal costruttore parigino Koenig, come si vede da alcune Note del *Registro Blaserna* riportate in

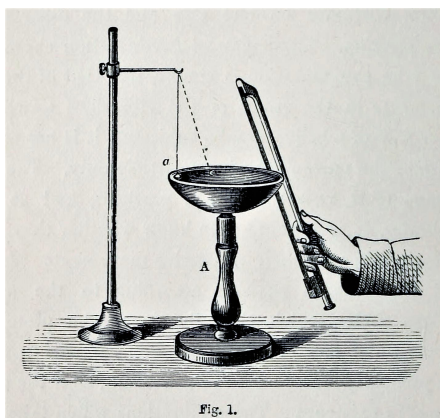
Appendice. Ulteriori strumenti furono acquistati da Damiano Macaluso (1845 - 1932), allievo e successore di Blaserna, nel periodo che va dal 1873 agli inizi del XX secolo.

Nel presente Catalogo illustreremo questi strumenti nell'ordine seguito da Blaserna nel suo libro: *La teoria del suono nei suoi rapporti colla musica*, pubblicato nel 1875 (vedi Appendice B).



# Catalogo

## 1.1 Coppia di timbri di Savart



**Figura 1.1:** Timbri di Savart per la dimostrazione che il suono viene prodotto dalle vibrazioni dei corpi [1,2].

**Numero di inventario:** 121 (vecchio n. inv. 33 e 34)

**Costruttore:** Rudolph Koenig, Parigi

**Data di acquisto:** seconda metà del XIX sec.

**Materiali:** bronzo, legno, ottone laccato

**Dimensioni:** diametro 14.7 cm, altezza 24 cm; diametro 16 cm, altezza 45 cm

**Prezzo:** 6 à 20 fr. (Timbres non tournés, de 10 ou 12 centimètres de diamètre, munis d'un manche ... 6 à 20 fr.)

**Descrizione e caratteristiche fisiche.** I due timbri sono costituiti da una campana in metallo sorretta da un manico in legno. Uno dei due strumenti ha un lungo gancio in metallo ancorato alla base della campana. Il timbro con il gancio consente di appendere un piccolo pendolino, costituito da un filo di seta e una pallina di midollo di sambuco, di lunghezza tale che la pallina tocchi il bordo della campana. La campana più piccola produce un suono di frequenza 428 Hz la più grande uno di frequenza 470 Hz; se percosse vigorosamente, producono un suono di frequenza 1120 Hz e 1290 Hz, rispettivamente. Entrambi gli strumenti portano incisa sul manico la firma del costruttore: *Rudolph Koenig à Paris*.

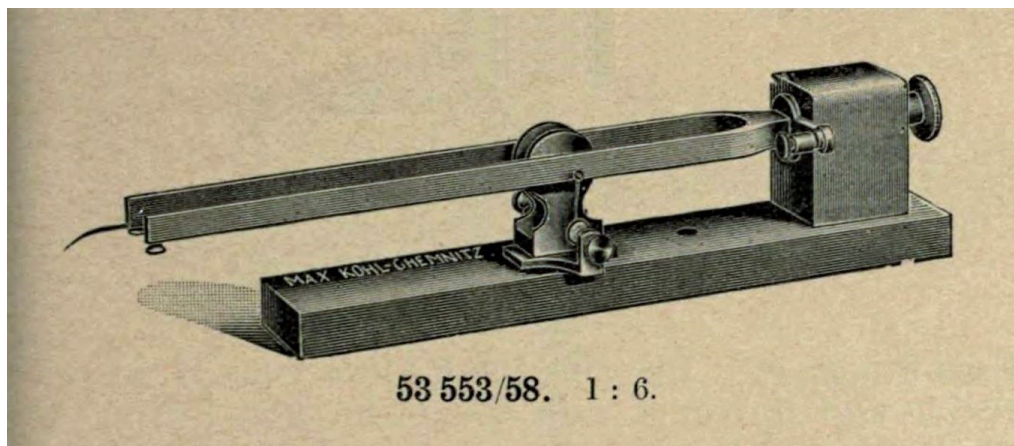
**Notizie storiche e uso dello strumento.** Per mostrare che il suono viene prodotto dal movimento vibratorio dei corpi, basta fare suonare la campana con un archetto. Si osserverà la pallina sobbalzare a causa delle vibrazioni del bordo della campana. I due timbri, usati in coppia, servono inoltre a mostrare il fenomeno della risonanza. Se si mette in oscillazione un timbro e si avvicina l'altro, infatti, il suono si rafforza: in questo modo si dimostra che il suono si trasmette attraverso l'aria da una campana all'altra. Nel nostro caso, questo effetto non è molto pronunciato, in quanto le due campane hanno una frequenza di risonanza leggermente differente. Nel Catalogo degli Strumenti di Acustica di Koenig del 1865 compaiono con la seguente descrizione: *125. Timbres non tournés, de 10 ou 12 centimètres de diamètre, munis d'un manche ... 6 à 20 fr.* [3]

**Interventi di conservazione e restauro.** Ricostruzione del pendolino con filo di seta e pallina di midollo di sambuco; pulitura delle superfici metalliche con etere di petrolio (petrolio bianco); trattamento protettivo dei manici in legno con olio paglierino. Per l'esposizione è stato usato un coevo treppiede in ghisa.

## Bibliografia

- [1] J. Jamin, *Cours de Physique: Acoustique*, Tome troisième Gauthier-Villars, Paris 1881, pag. 3
- [2] P. Blaserna, *La teoria del suono nei suoi rapporti colla musica*, F.lli Dumolard, Milano 1875, pagg. 15-16
- [3] R. Koenig, *Catalogue des Appareils D'Acoustique*, Paris 1865, pag. 22
- [4] V. Sagone, *Pietro Blaserna e la Collezione degli Strumenti dell'Istituto di Fisica dell'Università di Palermo*, Tesi di Laurea in Fisica, Università di Palermo, 17 luglio 2002, pag. 112
- [5] **W** Félix Savart: [it.wikipedia.org/wiki/Felix\\_Savart](https://it.wikipedia.org/wiki/Felix_Savart)

## 1.2 Diapason cronografico



**Figura 1.2:** Diapason cronografico elettromagnetico (100 V.S.) per la registrazione delle vibrazioni sonore [1].

**Numero di inventario:** 562 (Buono di carico N.348 del 25.07.1906)

**Costruttore:** Max Kohl, Chemnitz (Germania)

**Data di acquisto:** 1906

**Materiali:** acciaio, ottone, legno, rame

**Dimensioni:** 20 × 10 × 10 cm

**Prezzo:** Lire 112.20 (£ 5.0.0)





**Descrizione e caratteristiche fisiche.** L'apparato è costituito da un diapason ancorato orizzontalmente su una base in legno, un elettromagnete collocato tra i rebbi e un interruttore a intermittenza formato da un'asticella fissata su uno dei rebbi e da una vite con piastrina di contatto. Per innescare le vibrazioni dei rebbi, si chiude il circuito elettrico e si percuote il diapason. Tramite l'interruttore, dapprima l'elettromagnete genera un campo magnetico che attira i rebbi e subito dopo li rilascia, a una frequenza corrispondente alla frequenza propria del diapason. All'estremità di un rebbio è avvitata una punta di rame, che serve per tracciare su una lastrina di vetro annerito il grafico della vibrazione. Sul diapason è incisa la sigla 100 V.S., ovvero 100 vibrazioni semplici, che corrispondono alla frequenza di 50 Hz.

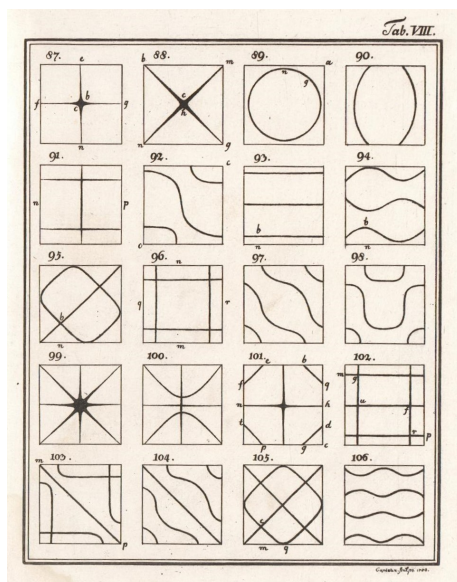
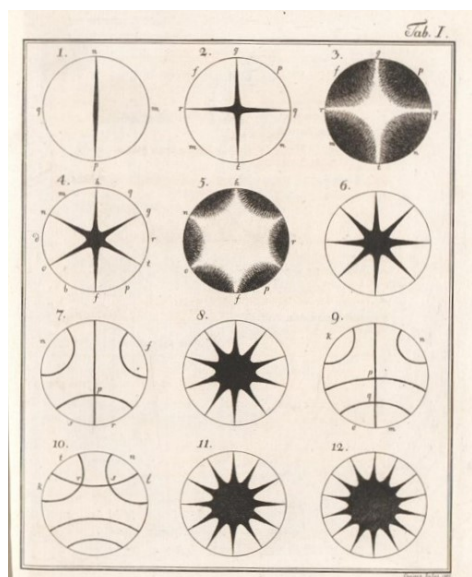
**Notizie storiche e uso dello strumento.** Il diapason, o corista normale, è uno strumento di acciaio a forma di "forchetta". Quando sollecitato, il diapason emette un suono a una determinata frequenza che dipende dalla lunghezza e dallo spessore dei rebbi. Per mantenere il diapason in oscillazione persistente, nel 1873 Mercadier (1836 -1911) ideò questo tipo di apparato [2]. Lo strumento era usato per dimostrare che le oscillazioni del diapason sono periodiche [3,4]. Nel Catalogo degli Strumenti di Fisica di Kohl del 1909-1911? compare con la seguente dicitura: *Chronographic Tuning Forks for phonoautographic purposes ... £ 5.0.0* [1]

**Interventi di conservazione e restauro.** Rimozione meccanica del deposito superficiale incoerente con pennelli a setola morbida; pulitura delle superfici metalliche con etere di petrolio; trattamento protettivo della base in legno con olio paglierino.

## Bibliografia

- [1] M. Kohl, *Physical Apparatus*, Vols. II, Chemnitz Germany, 1909-1911?, pag. 455
- [2] M. Mercadier, *Electro-diapason a mouvement continu*, J. Phys. Theor. Appl. **2** (1873) 350
- [3]  Tuning fork: [en.wikipedia.org/wiki/Tuning\\_fork](https://en.wikipedia.org/wiki/Tuning_fork)
- [4]  Recording the vibrations of tuning forks: [youtu.be/o7A4jyFG7hE](https://youtu.be/o7A4jyFG7hE)

### 1.3 Tavola di Chladni



**Figura 1.3:** Tavola di Chladni per la visualizzazione delle linee nodali delle vibrazioni di lamine [1-3].

**Numero di inventario:** 99

**Costruttore:** Rudolph Koenig, Parigi

**Data di acquisto:** 1864

**Materiali:** ottone, legno di noce

**Dimensioni:** 120 × 18 × 35 cm




**Prezzo:** Lire 70

**Descrizione e caratteristiche fisiche.** Lo strumento, per uso didattico, consiste in un banco di noce con sei lamine di ottone, di forma e dimensioni diverse; serve a mostrare che il numero delle linee nodali e la loro posizione dipende dalla forma delle lamine, dal materiale di cui sono composte, dal loro spessore e dalla loro superficie.

**Notizie storiche e uso dello strumento.** Nella Germania di fine Settecento, il fisico Ernst Florens Friedrich Chladni (1756 - 1827), munito di un archetto da violino, suonava (letteralmente) piastre di vetro per studiare il comportamento di lastre di diverse forme sotto l'influsso di vibrazioni sonore [1]. Versando sulle lamine della sabbia fine e sfregandole con un archetto, si ottengono dei suoni netti e si osservava che, per effetto delle vibrazioni, i granelli di sabbia si dispongono lungo determinate linee, rette o curve, le quali indicano le cosiddette *linee nodali* dei modi propri di vibrazione delle lamine.

**Interventi di conservazione e restauro.** Rimozione meccanica del deposito superficiale incoerente con pennelli a setola morbida; pulitura delle lamine di ottone con etere di petrolio; trattamento protettivo delle parti in legno con olio paglierino.

## Bibliografia

- [1] E. F. F. Chladni, *Entdeckungen über die Theorie des Klanges*, Weidmanns Erben und Reich, Leipzig 1787
- [2] P. Blaserna, *La teoria del suono nei suoi rapporti colla musica*, F.lli Dumolard, Milano 1875, pagg. 23-26
- [3] P. Brenni, *Chladni Plates*, in *Instruments of Science: An Historical Encyclopedia*, a cura di R. Bud, D. J. Warner, Garland Publishing, Londra 1998, pagg. 105-107
- [4] V. Sagone, *Pietro Blaserna e la Collezione degli Strumenti dell'Istituto di Fisica dell'Università di Palermo*, Tesi di Laurea in Fisica, Università di Palermo, 17 luglio 2002, pag. 113
- [5]  Monoskop: Ernst Chladni, [monoskop.org/Ernst\\_Chladni](http://monoskop.org/Ernst_Chladni)
- [6]  Ernst Chladni: [en.wikipedia.org/wiki/Ernst\\_Chladni](http://en.wikipedia.org/wiki/Ernst_Chladni)
- [7]  Vibrations of plates, Chladni's figures: [youtu.be/MoxpydPeGYy](https://youtu.be/MoxpydPeGYy)

## 1.4 Canna rettangolare

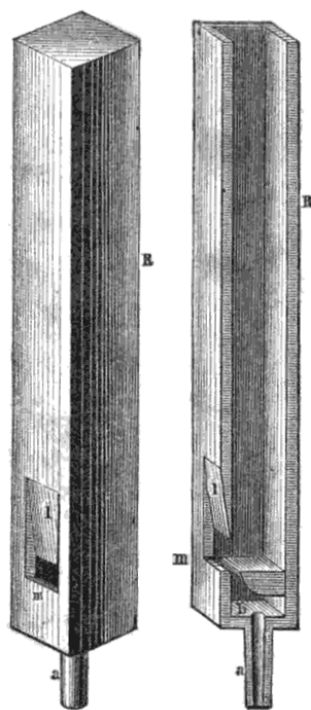


Fig. 8.

Fig. 9.

**Figura 1.4:** Canna a bocca aperta, a sezione rettangolare, per la generazione di suoni puri [1].

**Numero di inventario:** 115

**Costruttore:** Rudolph Koenig, Parigi

**Data di acquisto:** 1864

**Materiali:** legno di abete rosso e parti di mogano

**Dimensioni:** 10 × 11.3 × 110 cm (spessore 12 mm)


**Prezzo:** Lire 20 (Due canne di grandi dimensioni per i battimenti ... Lire 40)

**Descrizione e caratteristiche fisiche.** Canna a bocca a sezione rettangolare, aperta all'estremità superiore, costituita da quattro assi in legno di abete rosso a taglio radiale incollati tra loro a spigolo vivo. La parte inferiore della canna è costituita da tre elementi in legno di mogano che formano una camera con una apertura laterale (detta luce) dalla quale fuoriesce il flusso di aria. Un tubo conico in mogano (detto piede) serve per immettere nella canna un flusso di aria dal mantice. La canna produce un suono alla frequenza di 131 Hz, corrispondente alla nota DO<sub>2</sub>. Sulla canna è apposta l'etichetta di inventario del *Gabinetto di Fisica*, recante il numero 115. Anche i successivi due strumenti riportano lo stesso numero di inventario.

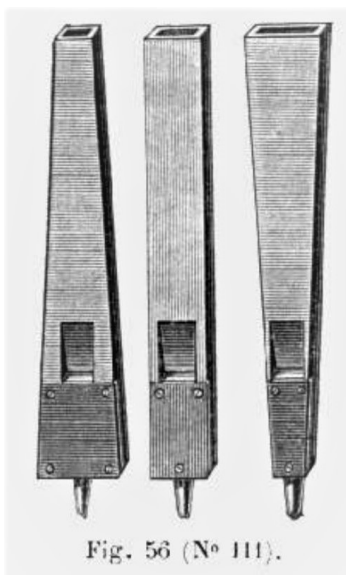
**Notizie storiche e uso dello strumento.** La generazione di suoni per mezzo delle canne sonore ha origini antichissime e ha trovato applicazione nella costruzione degli organi a canne, strumenti molto diffusi in tutta Europa. Sono state sviluppate diverse tipologie di canne sonore, per la generazione di suoni puri, tra cui le principali sono canne a bocca e canne ad ancia (o pivetta). Soffiando nel tubo, per esempio con un mantice, si genera un flusso d'aria che urta il labbro superiore della canna, in prossimità dell'apertura frontale. La colonna d'aria racchiusa nella canna inizia così a vibrare, innescando delle oscillazioni che entrano in risonanza. In questa maniera si produce un suono di ben determinata frequenza, dipendente dalla lunghezza della canna stessa. Probabilmente, questa canna veniva usata assieme a un'altra simile (oggi dispersa) per la dimostrazione del fenomeno dei battimenti.

**Interventi di conservazione e restauro.** Rimozione meccanica del deposito superficiale incoerente con pennelli a setola morbida; pulitura superficiale con acqua e tensioattivo non ionico per rimuovere il deposito superficiale coerente; trattamento protettivo delle superfici con olio paglierino.

## Bibliografia

- [1] P. Blaserna, *La teoria del suono nei suoi rapporti colla musica*, F.lli Dumolard, Milano 1875, pag. 26
- [2] V. Sagone, *Pietro Blaserna e la Collezione degli Strumenti dell'Istituto di Fisica dell'Università di Palermo*, Tesi di Laurea in Fisica, Università di Palermo, 17 luglio 2002, pag. 110
- [3]  L'arte di domare l'aria: [youtu.be/JgCQeF\\_DM4](https://youtu.be/JgCQeF_DM4)

## 1.5 Canna piramidale



**Figura 1.5:** Canna a bocca aperta, a profilo piramidale, per la generazione di suoni puri [1].

**Numero di inventario:** 115

**Costruttore:** Rudolph Koenig, Parigi

**Data di acquisto:** 1864

**Materiali:** legno

**Dimensioni:**  $6 \times 6 \times 38.5$  cm (spessore 5 mm)


**Prezzo:** 30 fr. (Tre canne aperte della stessa lunghezza e contenenti lo stesso volume di aria ... 30 fr.)

**Descrizione e caratteristiche fisiche.** Canna a bocca in legno, a profilo piramidale con base quadrata, aperta all'estremità superiore, usata per la generazione di suoni puri. La canna produce un suono di frequenza 656 Hz, che corrisponde alla nota musicale MI<sub>5</sub>.

**Notizie storiche e uso dello strumento.** Probabilmente, questa canna veniva usata assieme ad altre due canne (oggi disperse), di uguale volume ma di forma differente, per dimostrare che la frequenza del suono prodotto è indipendente dal volume della canna e dipende solamente dalla sua lunghezza. Nel catalogo di Koenig del 1889, a pag. 45, è riportato: “*Tre canne aperte della stessa lunghezza e contenenti lo stesso volume di aria (Fig. 56) ... 30 fr.*” [1].

**Interventi di conservazione e restauro.** Rimozione meccanica del deposito superficiale incoerente con pennelli a setole morbide; pulitura superficiale con acqua e tensioattivo non ionico per rimuovere il deposito superficiale coerente; trattamento protettivo delle superfici con olio paglierino.

## Bibliografia

- [1] R. Koenig, *Catalogue des Appareils D'Acoustique*, Paris 1889, pagg. 45-46
- [2]  L'arte di domare l'aria: [youtu.be/JgCQeF\\_DM4](https://youtu.be/JgCQeF_DM4)

## 1.6 Ancia

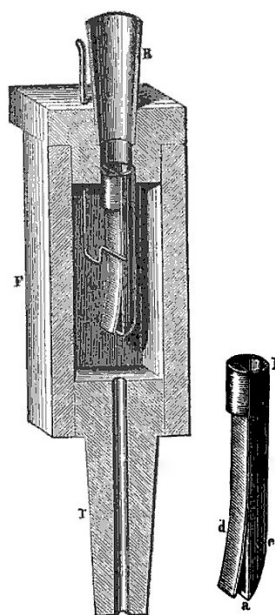


Fig. 10. Fig. 10 bis.

**Figura 1.6:** Ancia (o pivetta) per tubo sonoro con dettaglio dell'ancia [1,2].

**Numero di inventario:** 115

**Costruttore:** ...

**Data di acquisto:** seconda metà del XIX sec.

**Materiali:** lega stagno-piombo (peltro), ottone, acciaio

**Dimensioni:** diametro 4.2 cm, lunghezza 35 cm

**Prezzo:** ...





**Descrizione e caratteristiche fisiche.** L'ancia (o pivetta) è una sottile linguetta flessibile (elastica) in metallo o in legno, che costituisce l'elemento vibrante responsabile della generazione del suono in molti strumenti a fiato tra cui le canne sonore. L'ancia qui descritta è costituita da una linguetta di ottone, spessa 0.2 mm, lunga 30 mm e larga 7 mm, racchiusa dentro un involucro tronco-conico di ottone (lunghezza 14.5 cm, diametro piccolo 1.8 cm, diametro grande 2.7 cm). L'ancia si innesta in un cilindro costituito da una lega stagno-piombo (peltro), di diametro 4.2 cm, lungo circa 20 cm, che funge da cavità risonante (tubo sonoro). Per mezzo di una chiavetta, è possibile regolare la lunghezza della parte vibrante dell'ancia. Una volta messa in vibrazione da un getto d'aria, l'ancia eccita nel tubo sonoro un'onda stazionaria.

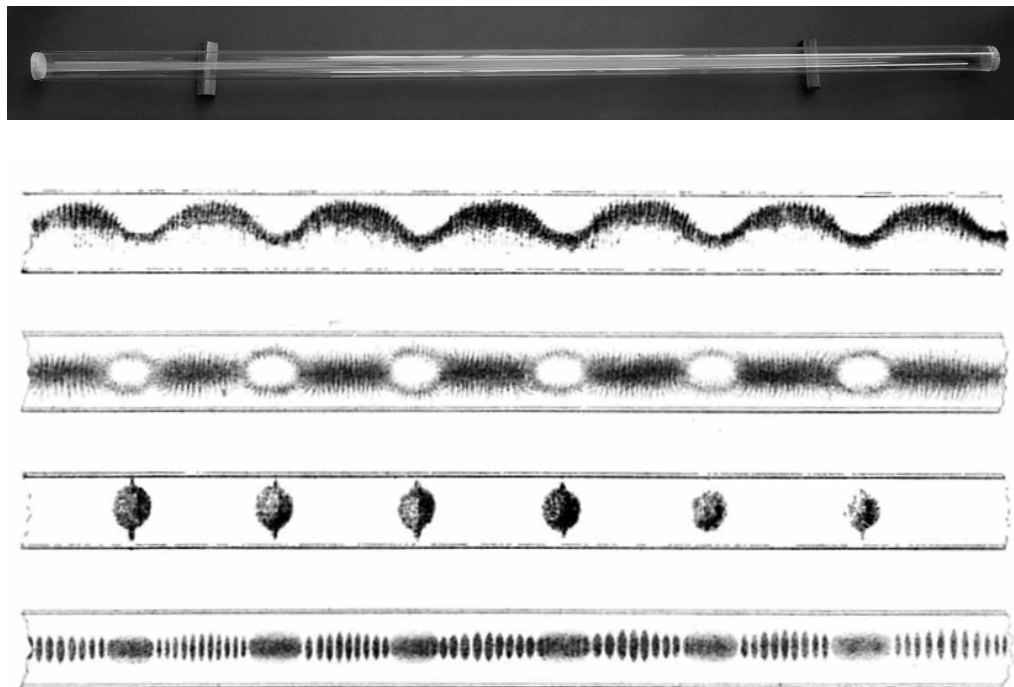
**Notizie storiche e uso dello strumento.** Le ance si distinguono in ance battenti, semplici o doppie, e ance libere. L'ancia battente semplice (presente per esempio nei clarinetti e nei sassofoni) è costituita da una linguetta sottile ancorata a una finestra aperta su un tubo contenente la colonna d'aria da mettere in vibrazione. L'ancia doppia è costituita da due linguette di canna, appoggiate l'una all'altra e innestate in un tubicino. Il principio di funzionamento è simile a quello dell'ancia semplice, ma in questo caso la pressione e depressione della colonna d'aria viene provocata dalla vibrazione reciproca delle linguette. L'ancia libera è una sottile lamina imperniata a una estremità a un telaio, la quale è libera di vibrare oscillando entro il telaio stesso. Esempi di strumenti ad ancia libera sono la fisarmonica, l'armonica a bocca e l'armonium. Blaserna [1] descrive il funzionamento dell'ancia così: “ ... *la cassa a c b è chiusa col mozzo della laminetta metallica ed elastica d. Quando questa è sollevata, l'aria penetra attraverso la fessura a; poi la laminetta ricade per la propria elasticità e chiude il passaggio. Le vibrazioni della laminetta provocano quindi delle chiusure o aperture rapide; l'aria vi penetra a intervalli, a sbuffi regolari ed è così che ottengo un suono ...* ” (vedi Fig. 1.6).

**Interventi di conservazione e restauro.** Pulitura delle parti metalliche con etere di petrolio; rimozione delle ammaccature superficiali del tubo sonoro.

## Bibliografia

- [1] P. Blaserna, *La teoria del suono nei suoi rapporti colla musica*, F.lli Dumolard, Milano 1875, pagg. 27-28
- [2] V. Sagone, *Pietro Blaserna e la Collezione degli Strumenti dell'Istituto di Fisica dell'Università di Palermo*, Tesi di Laurea in Fisica, Università di Palermo, 17 luglio 2002, pag. 111
- [3]  La costruzione dell'ancia per oboe: [youtu.be/LMSwq\\_neKEQ](https://youtu.be/LMSwq_neKEQ)
- [4]  Come nasce un organo: [youtu.be/WSFtOuhfo8Q](https://youtu.be/WSFtOuhfo8Q)

## 1.7 Tubo di Kundt



**Figura 1.7:** Tubo sonoro per la visualizzazione delle vibrazioni acustiche di una colonna d'aria [1,2].

**Numero di inventario:** ...

**Costruttore:** ...

**Data di acquisto:** seconda metà del XIX sec.

**Materiali:** vetro, sughero

**Dimensioni:** lunghezza 100 cm, diametro 2.5 cm


**Prezzo:** ...

**Descrizione e caratteristiche fisiche.** Tubo di vetro di 25 mm di diametro e un metro di lunghezza.

**Notizie storiche e uso dello strumento.** Un metodo per visualizzare le vibrazioni della colonna d'aria all'interno di un lungo tubo fu ideato dal fisico tedesco August Adolf Kundt (1838 - 1894). In un tubo di vetro sufficientemente ampio, della lunghezza di due metri circa, si versa e si distribuisce uniformemente una polvere leggera, come la segatura di sughero. Chiudendo il tubo alle due estremità con tappi di sughero, tenendolo fermo in mezzo, e strofinandolo con un panno leggermente bagnato, si genera un suono acuto e netto [1]; le vibrazioni del tubo si trasmettono all'aria rinchiusa, e la polvere si distribuisce regolarmente, come indicato in Fig. 1.7. I cerchi sono nodi e, tra l'uno e l'altro, la polvere mostra strie trasversali, che indicano i ventri dell'onda stazionaria che oscilla dentro il tubo. La forma che assume la polvere, e quindi la distribuzione dei nodi, dipende dalle dimensioni del tubo, dal suono che si genera e dal tipo di gas che si trova racchiuso nel tubo. Il metodo di Kundt permette, in particolare, di dedurre la velocità con cui il suono si propaga in un gas essendo nota la velocità di propagazione del suono in aria. È interessante notare che dalla misura di questo rapporto si può determinare il rapporto dei calori specifici di un gas a pressione costante e a volume costante [3].

**Interventi di conservazione e restauro.** Pulitura del tubo di vetro con alcol etilico; ricostruzione dei tappi di sughero e dei supporti in legno.

## Bibliografia

- [1] P. Blaserna, *La teoria del suono nei suoi rapporti colla musica*, F.lli Dumolard, Milano 1875, pagg. 31-32
- [2] A. Kundt, *Ueber eine neue Art akustischer Staubfiguren und über die Anwendung derselben zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in festen Körpern und Gasen*, *Annalen der Physik und Chemie* **127** (1866) 497
- [3] E. Perucca, *Fisica Generale e Sperimentale. Meccanica e calore*, Vol. I UTET, Torino 1932, pagg. 570-571
- [4] **W** August Kundt: [it.wikipedia.org/wiki/August\\_Kundt](https://it.wikipedia.org/wiki/August_Kundt)
- [5]  Kundt's tube resonance: [youtu.be/qUiB\\_zd9M0k](https://youtu.be/qUiB_zd9M0k)

## 1.8 Capsula manometrica e specchi rotanti

- Capsula manometrica

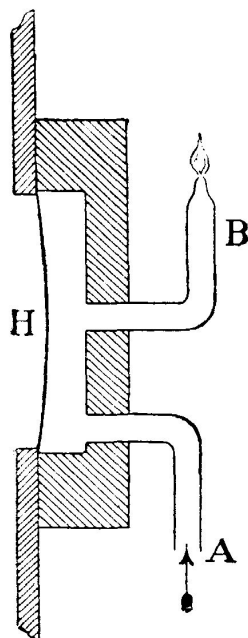


Fig 1. Königs  
manometriska  
kapsel.

**Figura 1.8:** Bruciatore a gas con capsula manometrica di Koenig, per l'apparecchio a fiamme manometriche [1-3]

**Numero di inventario:** ...

**Costruttore:** Rudolph Koenig, Parigi

**Data di acquisto:** 1868

**Materiali:** ghisa, ottone laccato

**Dimensioni:** 11 × 11 × 25 cm


**Prezzo:** Lire 200 (Apparato completo di Specchi Rotanti)

**Descrizione e caratteristiche fisiche.** La capsula manometrica è costituita da una camera, di qualche centimetro cubo di volume, formata dall'unione di due parti, una di ottone e l'altra di ghisa, separati da una membrana elastica **H** (originariamente di caucciù). In una delle due parti vengono trasmesse le vibrazioni sonore per mezzo di un tubo di gomma collegato a un imbuto. Nell'altra parte fluisce un gas infiammabile (metano, propano o butano) da un tubo **A** di ottone laccato con portagomma. Il gas fuoriesce quindi da un ugello verticale **B** di ottone laccato. La capsula è sostenuta da un supporto di ghisa con tre piedi. L'altezza della fiamma dipende dalla pressione del gas all'interno della capsula e rimane fissa se la membrana non vibra. Quando invece la membrana vibra, a causa delle oscillazioni sonore, l'altezza della fiamma oscillerà riproducendo le vibrazioni della membrana.

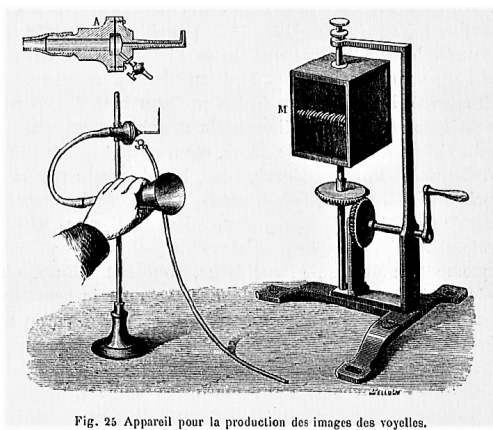
**Notizie storiche e uso dello strumento.** Nel 1862 Rudolph Koenig (1832 - 1901) ideò la capsula manometrica, capace di trasmettere le oscillazioni sonore a una fiamma che, riflessa in specchi rotanti, consentiva di osservare le onde acustiche, realizzando così una specie di "oscilloscopio" meccanico. Nel Registro Blaserna, nella Nota N. 152 del costruttore Koenig del 1868, si legge: "*App. fiamme manometriche ... 200.*"

**Interventi di conservazione e restauro.** Rimozione meccanica del deposito superficiale incoerente con pennelli a setola morbida; pulitura del deposito superficiale coerente con etere di petrolio.

## Bibliografia

- [1] R. Koenig, *Quelques expériences d'acoustique*, Paris 1882, pag. 57
- [2] R. Koenig, *Catalogue des Appareils D'Acoustique*, Paris 1889, pagg. 45-46
- [3] Nordisk familjebok, *Königs manometriska lågor*, Stockholm 1911, pag. 633
- [4]  Manometric capsule, resonance, Koenig sound analyser: [youtu.be/OHdL-65dkkY](https://youtu.be/OHdL-65dkkY)

- Specchi rotanti



**Figura 1.9:** Specchi rotanti per l'apparecchio a fiamme manometriche di Koenig [1,2].

**Numero di inventario:** ...

**Costruttore:** Rudolph Koenig, Parigi

**Data di acquisto:** 1868

**Materiali:** ferro, ottone, legno, vetro

**Dimensioni:** 34 × 35 × 56 cm

**Prezzo:** Lire 200 (Apparato completo di Specchi Rotanti)

**Descrizione e caratteristiche fisiche.** Lo strumento è composto da quattro specchi disposti sulle facce laterali di un cubo fissato a un supporto metallico a tre piedi. Gli specchi sono ancorati a un albero verticale girevole, il quale può essere messo in rotazione per mezzo di una coppia di ruote dentate coniche collegate a una manovella.

**Notizie storiche e uso dello strumento.** Quando la fiamma della capsula manometrica non oscilla, sugli specchi rotanti si vedrà una banda luminosa continua. Se invece la fiamma oscilla, a causa delle oscillazioni sonore, sugli specchi si vedranno delle immagini della fiamma separate tra di loro di una distanza proporzionale alla frequenza di oscillazione della fiamma [3].

**Curiosità.** L'apparato a specchi rotanti è stato usato nel film *My Fair Lady* del 1964, diretto da George Cukor [4].

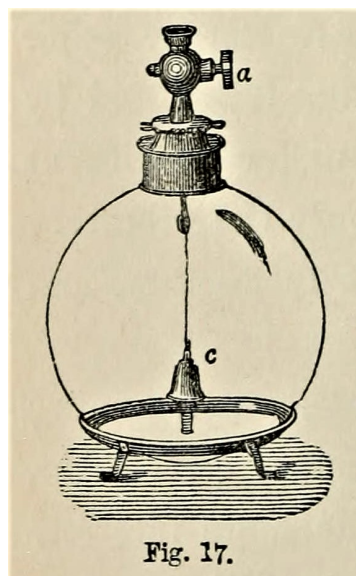


**Interventi di conservazione e restauro.** Rimozione meccanica del deposito superficiale incoerente con pennellesse a setole morbide; pulitura degli specchi con alcol etilico; pulitura delle parti metalliche con etere di petrolio.

## Bibliografia

- [1] R. Koenig, *Quelques expériences d'acoustique*, Paris 1882, pagg. 47-83
- [2] P. Blaserna, *La teoria del suono nei suoi rapporti colla musica*, F.lli Dumolard, Milano 1875, pagg. 32-35
- [3] T. Greenslade Jr., *The Rotating Mirror*, Phys. Teach. **19** (1981) 253
- [4] **W** My Fair Lady (film): [it.wikipedia.org/wiki/My\\_Fair\\_Lady\\_\(film\)](https://it.wikipedia.org/wiki/My_Fair_Lady_(film))
- [5] **YouTube** Manometric capsule, resonance, Koenig sound analyser: [youtu.be/OHdL-65dkkY](https://youtu.be/OHdL-65dkkY)

## 1.9 Pallone per il suono



**Figura 1.10:** Pallone in vetro per esperimenti sulla propagazione del suono [1].

**Numero di inventario:** 173

**Costruttore:** J. L. Deleuil, Parigi

**Data di acquisto:** 1864

**Materiali:** vetro, ottone laccato

**Dimensioni:** diametro 24 cm, altezza 50 cm

**Prezzo:** Lire 20




**Descrizione e caratteristiche fisiche.** Pallone di vetro munito di ghiera e rubinetto di ottone per il collegamento alla macchina pneumatica. All'interno del pallone era contenuta una campanella appesa a un sostegno. È possibile che, nel tempo, questo strumento sia stato modificato, con l'aggiunta di un raccordo e di un ulteriore rubinetto.

**Notizie storiche e uso dello strumento.** Lo strumento era utilizzato per dimostrare la necessità di un mezzo ponderabile (p.e. aria) per la trasmissione del suono. Attraverso il rubinetto veniva regolata la quantità di aria nella sfera; il suono della campanella veniva generato solo in presenza di aria nel pallone. Nel Registro Blaserna, nella Nota N. 17 del meccanico Deleuil del 1864, si legge: "*Pallone con campanello per il suono nel vuoto ... 20.*"

**Interventi di conservazione e restauro.** Pulitura del pallone di vetro con alcol etilico; pulitura delle parti metalliche con etere di petrolio; ricostruzione della guarnizione in sughero tra i raccordi dei rubinetti.

## Bibliografia

- [1] P. Blaserna, *La teoria del suono nei suoi rapporti colla musica*, F.lli Dumolard, Milano 1875, pagg. 38-49
- [2] F. Hauksbee, *Physico-mechanical experiments on various subjects*, London 1709, pagg. 97-105
- [3] V. Sagone, *Pietro Blaserna e la Collezione degli Strumenti dell'Istituto di Fisica dell'Università di Palermo*, Tesi di Laurea in Fisica, Università di Palermo, 17 luglio 2002, pagg. 107-108 e pag. 262
- [4] **W** Louis-Joseph\_Deleuil: [fr.wikipedia.org/wiki/Louis-Joseph\\_Deleuil](https://fr.wikipedia.org/wiki/Louis-Joseph_Deleuil)
- [5]  The bell jar experiment: [youtu.be/hIOqX4uJtYY](https://youtu.be/hIOqX4uJtYY)

## 1.10 Campanello elettrico



**Figura 1.11:** Campanello elettrico e circuito interno, dispositivo elettromeccanico utilizzato per generare un suono percuotendo ripetutamente una campana in bronzo [1].

**Numero di inventario:** 344

**Costruttore:** ...

**Data di acquisto:** fine XIX sec.

**Materiali:** legno, bronzo, ottone, rame, acciaio

**Dimensioni:** 16 × 12 × 17 cm




**Prezzo:** ...

**Descrizione e caratteristiche fisiche.** Il campanello è composto da una cassa in legno, al cui interno sono installati due elettromagneti. Questi ultimi, quando sono alimentati, attraggono un martelletto che va a colpire la campana posta sopra la cassa (vedi Fig. 1.11). Il martelletto è costituito da un percussore saldato a una lamina metallica. Mentre il martelletto urta il campanello, il contatto elettrico si interrompe e l'attrazione magnetica cessa. Il martelletto torna così nella sua posizione di riposo, ripristinando il contatto elettrico. Il ciclo si ripete.

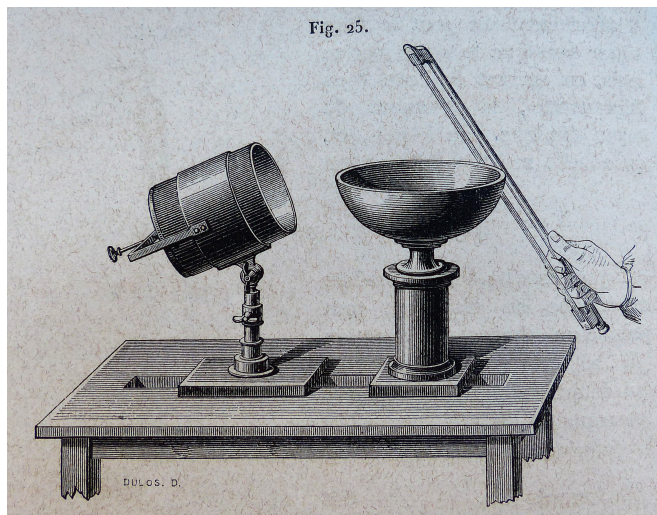
**Notizie storiche e uso dello strumento.** Il campanello elettrico fu inventato da Joseph Henry (1797 - 1878) nel 1831. Questo strumento molto probabilmente veniva usato con una campana a vuoto, in vetro, collegata a una pompa aspirante (vedi Fig. 1.11). L'esperienza consiste nell'ascoltare il trillo del campanello mentre viene aspirata l'aria dalla pompa. Poiché le onde sonore hanno bisogno di un mezzo per propagarsi, man mano che l'aria nella campana viene aspirata, si sente il trillo del campanello affievolirsi, pur continuando il martelletto a vibrare con la stessa frequenza. Si conclude quindi che in assenza di aria il suono non si può propagare.

**Interventi di conservazione e restauro.** Rimozione meccanica del deposito superficiale incoerente con pennellesse a setole morbide; pulitura superficiale della scatola in legno con acqua e tensioattivo non ionico per rimuovere il deposito superficiale coerente; trattamento protettivo delle superfici in legno con olio paglierino; pulitura delle superfici metalliche con etere di petrolio.

## Bibliografia

- [1] A. Ganot, *Traité Élémentaire de Physique*, IX Ed. Chez L'Auteur - Éditeur, Parigi 1860, pag. 167
- [2]  Joseph Henry: [it.wikipedia.org/wiki/Joseph\\_Henry](https://it.wikipedia.org/wiki/Joseph_Henry)
- [3]  Campanello elettrico: [it.wikipedia.org/wiki/Campanello\\_elettrico](https://it.wikipedia.org/wiki/Campanello_elettrico)
- [4]  La propagazione del suono: [youtu.be/6ux9iLH6\\_v4](https://youtu.be/6ux9iLH6_v4)

## 1.11 Cassa armonica



**Figura 1.12:** Cassa armonica, o cassa di risonanza, per la campana di Savart [1-3].

**Numero di inventario:** ...

**Costruttore:** Rudolph Koenig, Parigi

**Data di acquisto:** seconda metà del XIX sec.

**Materiali:** legno

**Dimensioni:** 42 × 8 × 30 cm

**Prezzo:** ...

**Descrizione e caratteristiche fisiche.**

Lo strumento è costituito da una cassa in legno, a sezione quadrata di lato di 8 cm (spessore 6 mm), aperta da entrambi i lati. Il primo modo risonante ha una lunghezza d'onda uguale al doppio della lunghezza della cassa (risonatore “a mezza lunghezza d'onda”). Sullo strumento è incisa la firma del costruttore.



**Figura 1.13:** Firma del costruttore: RUDOLPH KENIG À PARIS.



**Notizie storiche e uso dello strumento.**

Lo studio della risonanza delle casse armoniche iniziò molto tardi rispetto alle loro utilizzazioni pratiche: nei teatri e negli strumenti musicali, infatti si era sfruttato da lungo tempo il fenomeno; il monocordo stesso era munito di cassa armonica fin da tempi antichi. Tuttavia, solo all’inizio del XIX secolo furono effettuati i primi studi sperimentali sulla risonanza da parte di Chladni, mentre nel secondo quarto del XIX secolo, Savart ideò un apparato per dimostrare il fenomeno della risonanza. L’apparato consiste di una campana, o una coppa di ottone (vedi Scheda 1.1), e una cassa di risonanza in ottone, oppure in legno, che può essere allontanata e avvicinata a piacimento. La campana può essere suonata con un archetto oppure colpita con un martelletto. Il suono così prodotto può essere rinforzato avvicinando la cassa armonica.

**Interventi di conservazione e restauro.**

Rimozione meccanica del deposito superficiale incoerente con panno; pulitura superficiale con acqua e tensioattivo non ionico per rimuovere il deposito superficiale coerente; trattamento protettivo delle superfici in legno con olio paglierino; ricostruzione del piede in legno.

**Bibliografia**

- [1] P. Blaserna, *La teoria del suono nei suoi rapporti colla musica*, F.lli Dumolard, Milano 1875, pagg. 63-64
- [2] J. Jamin, *Cours de Physique: Acoustique*, Tome troisième Gauthier-Villars, Paris 1881, pagg. 45-46
- [3] J. Tyndall, *Sound*, Longmans III Ed., London 1875, pagg. 173-174
- [4]  Teylers Museum, Brass bell with wooden resonator: [www.teylersmuseum.nl/en/collection/instruments/fk-0271-bell-and-resonator](http://www.teylersmuseum.nl/en/collection/instruments/fk-0271-bell-and-resonator)
- [5]  Savart’s Bell and Resonator: [youtu.be/Vj-s0IjxKzQ](https://youtu.be/Vj-s0IjxKzQ)

## 1.12 Diapason con cassa armonica

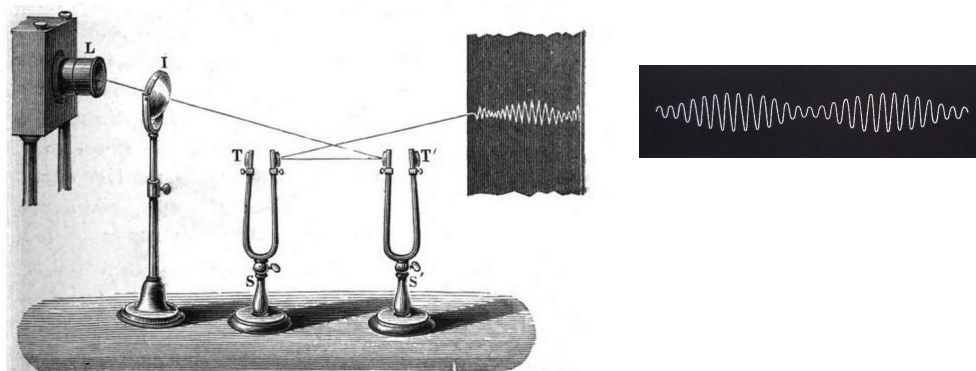


Fig. 29.

**Figura 1.14:** Coppia di diapason con cassa armonica per la visualizzazione del fenomeno dei battimenti [1,2].

**Numero di inventario:** 106 (per entrambi gli strumenti)

**Costruttore:** Rudolph Koenig, Parigi

**Data di acquisto:** 1868

**Materiali:** legno di abete rosso, acciaio, ottone, vetro

**Dimensioni strumento n.1:** 82 × 48 × 121 mm (spessore 7 mm), altezza 165 mm

**Dimensioni strumento n.2:** 75 × 46 × 101 mm (spessore 7 mm), altezza 160 mm

**Prezzo:** Lire 100 (5 Diapason con risuonatori per le deboli)

**Descrizione e caratteristiche fisiche.** Entrambi i diapason sono montati su una cassa armonica in legno di abete rosso. Il diapason n.1 emette un suono alla frequenza di 1280 V S (640 Hz) corrispondente alla nota MI<sub>4</sub>. Il diapason n.2 emette un suono alla frequenza di 1536 V S (768 Hz) corrispondente alla nota SOL<sub>4</sub>. Su entrambi i diapason sono incollati degli specchietti a una estremità dei rebbi, molto probabilmente per effettuare esperimenti sull'interferenza acustica. Sulla cassa armonica si legge in una MI<sub>4</sub> e nell'altra SOL<sub>4</sub>.



Entrambe le casse armoniche sono firmate: *Rudolph Koenig à Paris*. Sui due diapason invece si legge, rispettivamente, *1280 V S* e *1536 V S*. Su entrambi i diapason è inciso il monogramma del costruttore (vedi figura sopra).

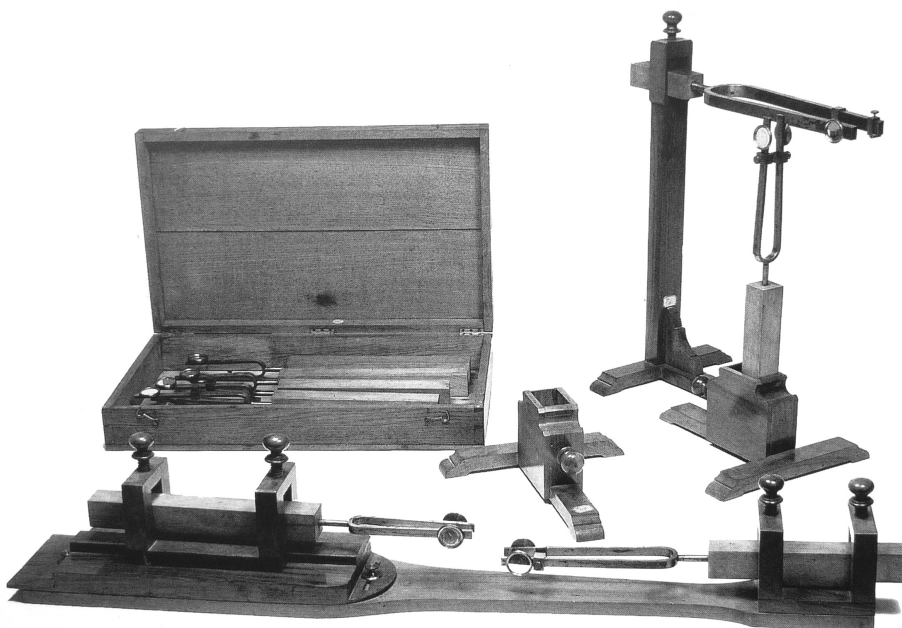
**Notizie storiche e uso dello strumento.** Il diapason, nella forma “a forchetta”, fu brevettato nel 1711 dal trombettista inglese John Shore (1662 - 1752). Tuttavia, solamente alla fine del XVII secolo Chladni diede una spiegazione scientifica dei moti di vibrazione del diapason, come caso particolare di verga rettilinea piegata al centro. Nel 1854 l'Accademia delle Scienze di Parigi propose di fissare la frequenza della nota LA<sub>3</sub> a 435 Hz, valore che venne confermato all'unanimità dalla Conferenza internazionale di Vienna il 17 novembre 1885. In quella occasione si individuò il diapason come lo strumento che avrebbe dovuto rappresentare il campione di riferimento per l'accordatura degli strumenti musicali. Nel 1953 il comitato tecnico per l'Acustica della International Organization for Standardization (I.S.O.) stabilì una nuova frequenza di riferimento della nota LA<sub>3</sub> di  $440 \pm 0.5$  Hz. I due diapason della Collezione erano usati, molto probabilmente, per lo studio con il metodo ottico del fenomeno dei battimenti ottenuto dalla sovrapposizione di due suoni di frequenze vicine [1].

**Interventi di conservazione e restauro.** Pulitura superficiale delle casse armoniche con acqua e tensioattivo non ionico per rimuovere il deposito superficiale coerente; trattamento protettivo delle superfici in legno con olio paglierino; pulitura delle superfici metalliche con etere di petrolio e successivo trattamento protettivo con grasso.

## Bibliografia

- [1] P. Blaserna, *La teoria del suono nei suoi rapporti colla musica*, F.lli Dumolard, Milano 1875, pag. 157-161
- [2] V. Sagone, *Pietro Blaserna e la Collezione degli Strumenti dell'Istituto di Fisica dell'Università di Palermo*, Tesi di Laurea in Fisica, Università di Palermo, 17 luglio 2002, pag. 114
- [3] **W** John Shore: [en.wikipedia.org/wiki/John\\_Shore\\_\(trumpeter\)](https://en.wikipedia.org/wiki/John_Shore_(trumpeter))
- [4] **▶** Battimenti: [youtu.be/i7gcaDXdr94](https://youtu.be/i7gcaDXdr94)

- Supporto per diapason



**Figura 1.15:** Supporto per diapason per esperimenti di acustica sulle vibrazioni [1,2].

**Numero di inventario:** ...

**Costruttore:** Rudolph Koenig, Parigi

**Data di acquisto:** 1864

**Materiali:** legno di noce

**Dimensioni:** 10 × 14 × 18 cm

**Prezzo:** Lire 400 (cassetta con otto diapason; 5 piedi di noce; una tavola di base ed una lampada)




**Descrizione e caratteristiche fisiche.** Piede a vite, in legno di noce, per fissare i diapason.

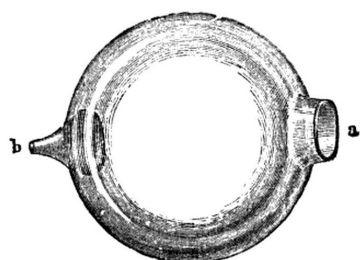
**Notizie storiche e uso dello strumento.** Il supporto molto probabilmente era a corredo dell'apparecchio di Lissajous (oggi disperso), illustrato in Fig. 1.15. L'apparecchio era usato per la combinazione parallela e perpendicolare delle vibrazioni col metodo ottico e grafico; era corredato di otto diapason di diversa grandezza contenuti in una cassetta; una lampada "a moderatore"; una larga tavola che serviva da sostegno universale e 5 piedi a vite, in legno di noce, per fissare i diapason. Nel Catalogo Blaserna del 1865 è riportato: "*cassetta con otto diapason; 5 piedi di noce; una tavola di base ed una lampada L. 400*". Lo stesso apparato è presente nella Nota N. 9 del Registro Blaserna del 1864: "*Appareil pour la combinaison parallèle et rectangulaire par la methode optique et graphique ... Lire 400*".

**Interventi di conservazione e restauro.** Rimozione meccanica del deposito superficiale incoerente con pennello a setole morbide; trattamento protettivo delle superfici in legno con olio paglierino.

## Bibliografia

- [1] AA. VV., *L'acustica e i suoi strumenti*, a cura di A. Giatti, M. Miniati, Giunti, Firenze 2001, pagg. 101-102
- [2] R. Koenig, *Catalogue des Appareils D'Acoustique*, Paris 1865, pagg. 40-42
- [3]  Recording the vibrations of tuning forks: [youtu.be/o7A4jyFG7hE](https://youtu.be/o7A4jyFG7hE)

## 1.13 Risonatori di Helmholtz



A  
Fig. 20.

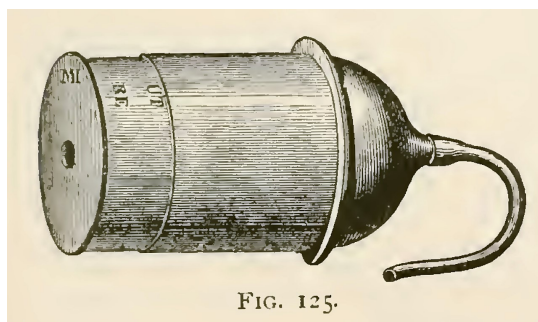


FIG. 125.

**Figura 1.16:** Risonatori di Helmholtz per l'analisi delle componenti armoniche dei suoni [1,2].

**Numero di inventario:** 105

**Costruttore:** Rudolph Koenig, Parigi

**Data di acquisto:** 1867

**Materiali:** ottone laccato

**Dimensioni:**  $d_1 = 4$  cm,  $h_1 = 6$  cm;  $d_2 = 10$  cm,  $h_2 = 12$  cm;  $d_3 = 13$  cm,  $h_3 = 15$  cm;  $d_4 = 17$  cm,  $h_4 = 20$  cm;  $d_5 = 23$  cm,  $h_5 = 26$  cm

**Prezzo:** Lire 150 (Serie di 19 risonatori)




**Descrizione e caratteristiche fisiche.** Lo strumento è composto da una serie di cavità sferiche, in ottone laccato, utilizzate per l'analisi delle componenti armoniche dei suoni. L'aria all'interno della cavità si comporta come un corpo elastico, che inizia a vibrare quando la cavità viene eccitata da un suono esterno. L'aria presente nel "collo" del risonatore, invece, inizia a oscillare avanti e indietro. Questo sistema è equivalente a un oscillatore armonico massa-molla [3,4]. La frequenza di oscillazione,  $f$ , in funzione dei parametri fisici del risonatore è  $f = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{LV}}$ , dove  $v$  è la velocità del suono,  $V$  il volume della cavità,  $S$  la superficie ed  $L$  la lunghezza del collo del risonatore. Ogni risonatore è caratterizzato quindi da una determinata frequenza di risonanza. A una cavità più piccola corrisponde una frequenza più grande e quindi un suono più acuto, a una cavità più grande corrisponde una frequenza più piccola e quindi un suono più grave.

**Notizie storiche e uso dello strumento.** Il risonatore originale costruito da Hermann Von Helmholtz (1821 - 1894) consisteva in una sfera cava di vetro ai cui poli si trovavano due aperture di differente larghezza. La più larga (indicata con **a** in Fig. 1.16) consente di fare entrare il suono nella cavità, mentre la più stretta e allungata (indicata con **b** in Fig. 1.16), adattata per calzare l'orecchio dello sperimentatore, consente di ascoltare il suono risonante. I risonatori potevano essere anche di forma cilindrica (vedi Fig. 1.16). Spinto dalla sua passione per la musica, Helmholtz rielaborò la legge di Fourier in ambito acustico e dimostrò tramite i risonatori che il timbro di un suono complesso, come quello della voce umana, dipende dalle sue componenti armoniche. Gli strumenti qui descritti furono acquistati da Pietro Blaserna intorno al 1865. Nel Registro Blaserna si legge: "*Serie di 19 risuonatori ... 150*".

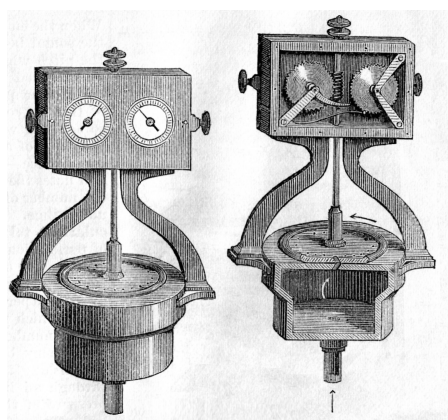
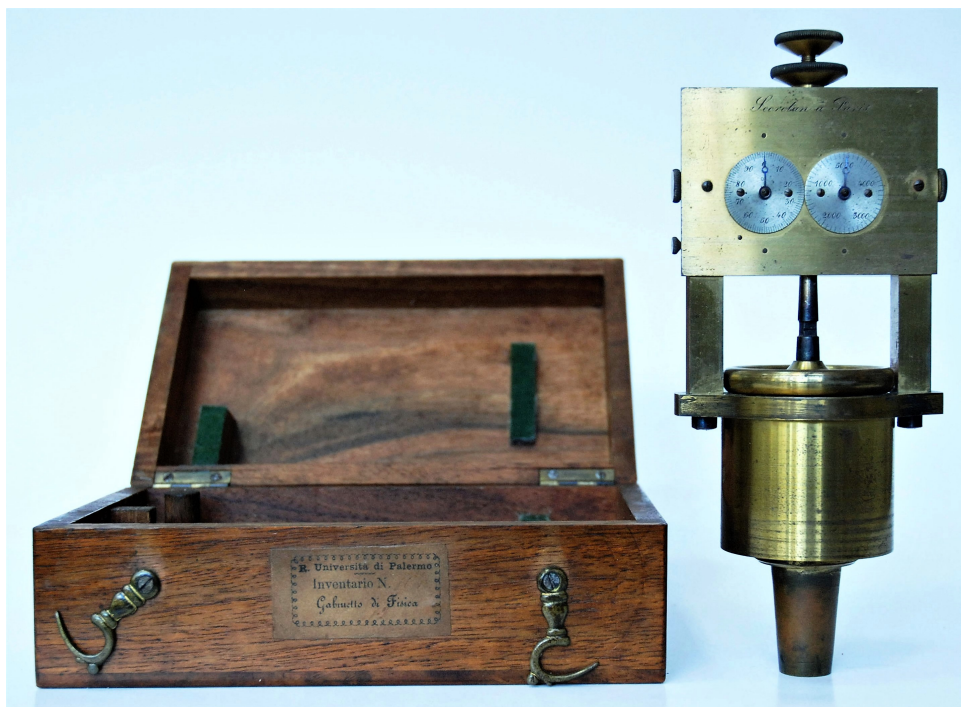
**Curiosità.** Il fenomeno della risonanza caratterizza i moderni *subwoofer* degli impianti Hi-Fi, in cui vengono accentuati i suoni a frequenze più basse, che solitamente sono meno intensi di quelli a frequenze più alte, dimensionando opportunamente la loro cassa armonica.

**Interventi di conservazione e restauro.** Rimozione meccanica del deposito superficiale incoerente con panno morbido; rimozione del deposito superficiale coerente con etere di petrolio.

## Bibliografia

- [1] P. Blaserna, *La teoria del suono nei suoi rapporti colla musica*, F.lli Dumolard, Milano 1875, pagg. 64-68
- [2] J. A. Zahm, *Sound and music*, A.C. McClurg & Co., Chicago 1900, pag. 275
- [3] E. Perucca, *Fisica Generale e Sperimentale*, UTET vol. I, Torino 1932, pagg. 443-446
- [4]  Fisica, Onde Musica: [fisicaondemusica.unimore.it/Risuonatori\\_di\\_Helmholtz.html](http://fisicaondemusica.unimore.it/Risuonatori_di_Helmholtz.html)
- [5]  Hermann von Helmholtz: [it.wikipedia.org/wiki/Hermann\\_von\\_Helmholtz](http://it.wikipedia.org/wiki/Hermann_von_Helmholtz)
- [6]  Helmholtz Resonator: [youtu.be/A9XLNH8FPd0](https://youtu.be/A9XLNH8FPd0)

## 1.14 Sirena di Cagniard de La Tour



**Figura 1.17:** Sirena di Cagniard de La Tour per la misura della frequenza assoluta dei suoni [1,2]

**Numero di inventario:** 104

**Costruttore:** Secretan, Parigi

**Data di acquisto:** seconda metà XIX sec.

**Materiali:** (sirena) ottone laccato, argento; (scatola) legno

**Dimensioni:** (sirena) 5 × 8 × 15 cm; (scatola) 10.7 × 18.4 × 6.8 cm

**Prezzo:** ...

**Descrizione e caratteristiche fisiche.** È uno strumento meccanico in grado di generare suoni a frequenza determinata e regolabile. Esso è composto da un disco fisso, sul quale sono praticati dei fori a distanza costante l'uno dall'altro, in corrispondenza della circonferenza esterna, e da un disco mobile, coassiale al precedente, munito di una serie di fori circolari realizzati obliquamente e in perfetta corrispondenza con i fori del disco fisso, su cui incide un flusso di aria proveniente da un ugello. A causa dell'inclinazione dei fori, il disco mobile viene messo in rotazione con una velocità tanto più elevata quanto più intenso è il flusso di aria. Girando, i fori dei due dischi si alterneranno in posizioni di corrispondenza, nelle quali l'aria è libera di passare per i fori di ambo i dischi, e posizioni di non corrispondenza, nelle quali l'aria non può passare. La corrente d'aria viene quindi interrotta periodicamente dando luogo ad altrettante vibrazioni. Conoscendo il numero dei fori e il numero di giri compiuti nell'unità di tempo dal disco mobile si può risalire al numero di vibrazioni al secondo del suono prodotto dalla sirena. La sirena ha un telaio apposto su cui è montato un contagiri.

**Notizie storiche e uso dello strumento.** Lo strumento prende il nome dal suo inventore, il fisico e ingegnere francese Charles Cagniard de La Tour (1777 - 1859), che lo realizzò nel 1819. Con un buon orecchio musicale, si può regolare il flusso di aria della sirena in maniera tale che essa emetta un suono identico a quello di frequenza incognita prodotto da un altro strumento (corda di pianoforte, canna d'organo, ecc.) per poter determinare, così, il numero di vibrazioni del suono di frequenza incognita.

**Interventi di conservazione e restauro.** Rimozione meccanica del deposito superficiale incoerente con pennellesse a setole morbide; pulitura superficiale della scatola in legno con acqua e tensioattivo non ionico per rimuovere il deposito superficiale coerente; pulitura delle parti metalliche con etere di petrolio; trattamento protettivo delle superfici in legno con olio paglierino; pulitura a secco dell'etichetta di carta con spugna in lattice sintetico.

## Bibliografia

- [1] J. Abbott, *A Siren of Science*, Harper's New Monthly Magazine, **45** (1872) 844
- [2] P. Blaserna, *La teoria del suono nei suoi rapporti colla musica*, F.lli Dumolard, Milano 1875, pagg. 69-76
- [3] **W** Charles Cagniard de Latour: [it.wikipedia.org/wiki/Charles\\_Cagniard\\_de\\_Latour](https://it.wikipedia.org/wiki/Charles_Cagniard_de_Latour)
- [4] **W** Sirena di Cagniard de Latour: [it.wikipedia.org/wiki/Sirena\\_di\\_Cagniard\\_de\\_Latour](https://it.wikipedia.org/wiki/Sirena_di_Cagniard_de_Latour)
- [5] **▶** Sirena de Cagniard La Tour: [youtu.be/WPKhiv-j2Mo](https://youtu.be/WPKhiv-j2Mo)

## 1.15 Sirena di Seebeck

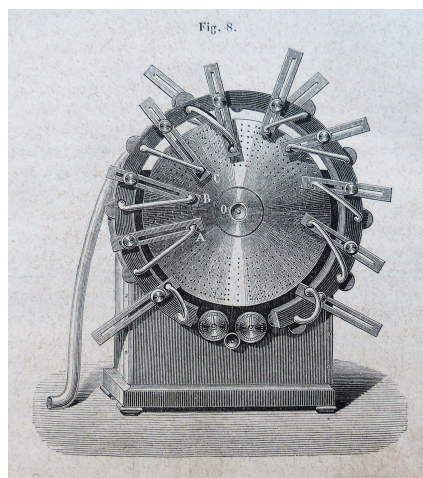
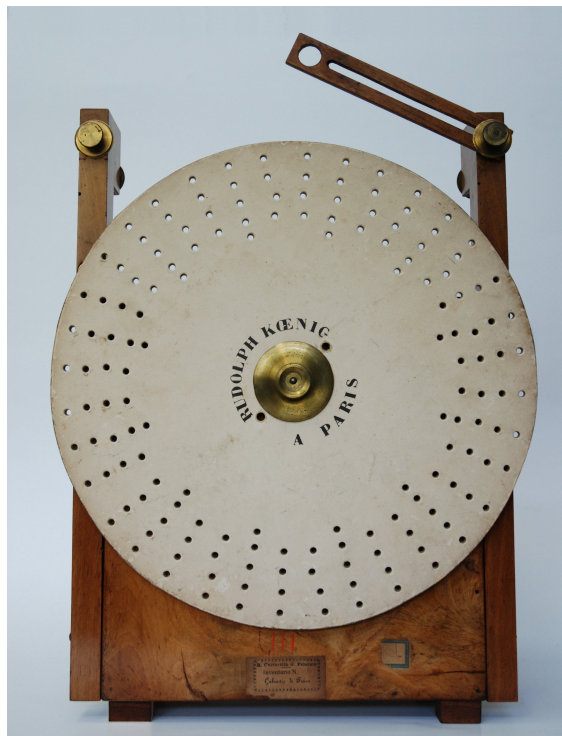


Figura 1.18: Sirena di Seebeck per la misura della frequenza assoluta dei suoni [1-3].

**Numero di inventario:** 111

**Costruttore:** Rudolph Koenig, Parigi

**Data di acquisto:** 1864

**Materiali:** (sirena) acciaio, ottone, legno; (dischi) cartone

**Dimensioni:** (sirena) 30 × 13 × 40 cm; (dischi) diametro 35 cm


**Prezzo:** Lire 250

**Descrizione e caratteristiche fisiche.** L'apparato è composto da una cassa in legno, su cui è inserito orizzontalmente un albero di acciaio con ghiera di ottone per l'ancoraggio del disco di cartone forato. L'albero è a sua volta connesso con un meccanismo a molla a carica manuale, interno alla cassa in legno. I dischi di cartone hanno fori equidistanziati e posti su più circonferenze concentriche all'asse del disco stesso (vedi Scheda seguente). La sirena doveva essere anche corredata da un contagiri (mancante).

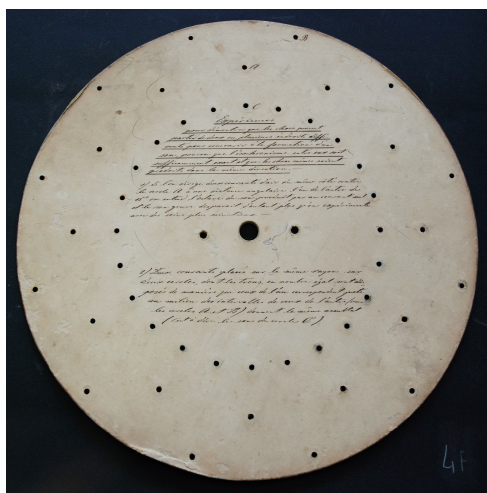
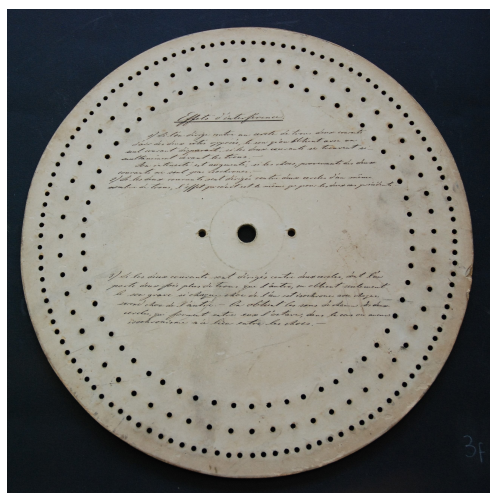
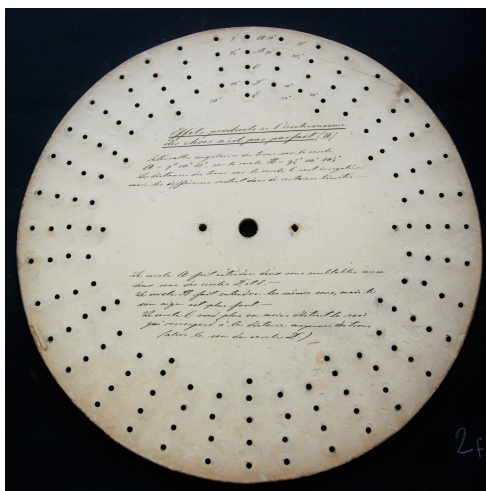
**Notizie storiche e uso dello strumento.** Mettendo in rotazione il disco e inviando un getto d'aria con un beccuccio, in un punto del disco, in corrispondenza di una delle circonferenze forate, viene emesso un suono di determinata frequenza. L'aria del getto, incontrando in successione un foro e una parete non forata, subirà alternativamente delle compressioni e delle rarefazioni che daranno luogo a una vibrazione sonora. La frequenza del suono così generato dipende dal numero di fori sulla corrispondente circonferenza e dalla velocità di rotazione del disco. Nella Fig. 1.18 si può notare come, con un sistema di ugelli, è possibile immettere più getti di aria in differenti punti sul disco: in questo modo, si producono più suoni con diverse frequenze. Sullo strumento è riportata la firma del costruttore: *Rudolph Koenig à Paris*. Nel Catalogo Blaserna si legge: "*Sirena di Seebeck con otto dischi bucati in vario modo. (L.250)*", mentre nel Registro Blaserna si legge: "*Sirène d'après Seebeck ... lire 250*".

**Interventi di conservazione e restauro.** Rimozione meccanica del deposito superficiale incoerente con pennellesse a setole morbide; pulitura superficiale delle parti in legno con acqua e tensioattivo non ionico per rimuovere il deposito superficiale coerente; pulitura delle parti metalliche con etere di petrolio; trattamento protettivo delle superfici in legno con olio paglierino; pulitura a secco dei dischi di cartone con spugna in lattice sintetico; ricostruzione di un piedino (mancante) in legno.

## Bibliografia

- [1] P. Blaserna, *La teoria del suono nei suoi rapporti colla musica*, F.lli Dumolard, Milano 1875, pagg. 134-139
- [2] J. Abbott, *A Siren of Science*, Harper's New Monthly Magazine, **45** (1872) 844
- [3] J. Jamin, *Cours de Physique: Acoustique*, Tome troisième Gauthier-Villars, Paris 1881, pag. 9
- [4] **W** August Seebeck: [it.wikipedia.org/wiki/August\\_Seebeck](https://it.wikipedia.org/wiki/August_Seebeck)
- [5]  Disk Siren: [youtu.be/9OHfQLtMWWc](https://youtu.be/9OHfQLtMWWc)

● Dischi della sirena di Seebeck



**Numero di inventario:** 111

**Costruttore:** Rudolph Koenig, Parigi

**Data di acquisto:** 1864

**Materiali:** cartone

**Dimensioni:** diametro 35 cm

**Prezzo:** Lire 250 (Sirena di Seebeck con otto dischi)



**Descrizione e caratteristiche fisiche.** Questi dischi di cartone forati erano a corredo della Sirena di Seebeck. I fori dei dischi sono equidistanziati e posti su più circonferenze concentriche con l'asse del disco. Sono stati rinvenuti cinque dischi, nei quali varia il numero di fori e il numero di circonferenze forate.


**Notizie storiche e uso dello strumento.** Il Catalogo Blaserna (vedi Appendice C) riporta l'esistenza di otto dischi. Su ciascun disco, è descritto il procedimento da seguire per effettuare una specifica esperienza, in particolare nel disco n.1: "*Effets produits si l'isochronisme des chocs n'est pas parfait. I*"; nel disco n.2: "*Effets produits si l'isochronisme des chocs n'est pas parfait (II)*"; nel disco n.3: "*Effets d'interférence*"; nel disco n.4: "*Expériences pour déterminer que les chocs peuvent partir de deux ou plusieurs endroits différemment ...*"; nel disco n.5: "*Gamme des Physiciens*". Negli altri tre dischi, mancanti, dovevano essere riportate le seguenti descrizioni [1]:

- "*Série de sons harmoniques*"
- "*Les chocs peuvent partir de différents centres pour concourir à la formation d'un même son, pourvu qu'ils soient suffisamment isochrones et produits dans la même direction*"
- "*Effets produits si l'isochronisme des chocs n'est pas parfait III*"

Sul lato opposto dei dischi è stampata a lettere maiuscole la firma del costruttore: "RUDOLPH KÖENIG À PARIS".

**Interventi di conservazione e restauro.** Pulitura a secco con spugna in lattice sintetico.

## Bibliografia

- [1] D. Pantalony, *Altered Sensations: Rudolph Koenig's Acoustical Workshop in Nineteenth-Century Paris*, Springer 2009, pag. 190
- [2] **W** August Seebeck: [it.wikipedia.org/wiki/August\\_Seebeck](https://it.wikipedia.org/wiki/August_Seebeck)
- [3]  Disk Siren: [youtu.be/9OHfQLtMWWc](https://youtu.be/9OHfQLtMWWc)

## 1.16 Apparato stroboscopico

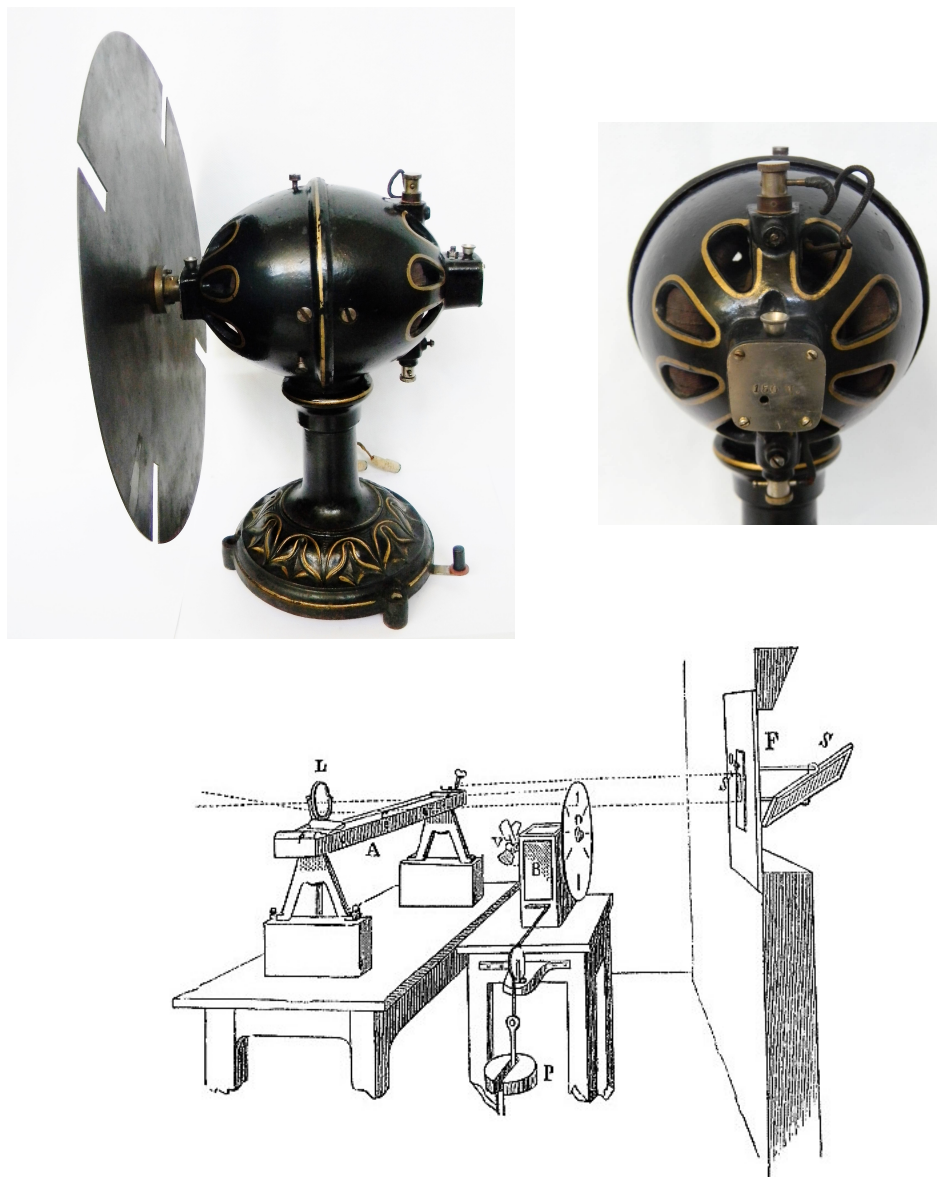


Figura 1.19: Apparato stroboscopico per l'osservazione di moti periodici [1].

**Numero di inventario:** ...

**Costruttore:** (disco) ...; (motore) Marelli (?)

**Data di acquisto:** (disco) seconda metà XIX sec.; (motore) fine XIX sec.

**Materiali:** (disco) ottone; (motore) ghisa, acciaio, rame

**Dimensioni:** (disco) diametro 35 cm, spessore 1.2 mm; (motore) 16 × 20 × 30 cm

**Prezzo:** ...


**Descrizione e caratteristiche fisiche.** L'apparato è costituito da un motore elettrico a spazzole e un disco di ottone con fenditure laterali. Su di esso sono praticate 4 fessure equidistanziate, poste a  $90^\circ$  l'una dall'altra. Le fessure sono larghe 15 mm e profonde 50 mm. Su uno dei lati del disco sono ancora presenti frammenti dell'antica etichetta, con la scritta "*Regia Università degli studi di Palermo*". Il motore, in ghisa, è costituito da una base circolare organizzata su tre distinti ordini. Quello inferiore è munito di tre piedini cilindrici forati al centro e una linguetta che aziona un interruttore a leva a quattro posizioni. Due fili elettrici telati, di alimentazione, fuoriescono lateralmente. Una fascia dorata di forma circolare, di spessore sottile, decora la superficie della base. Il secondo ordine è adornato da una fascia di elementi fitomorfi, che ricordano principalmente la sagoma di una foglia, con altri due più piccoli posti nella parte inferiore. La fascia percorre l'intero perimetro secondo nove moduli ripetitivi. Il contorno di ciascun elemento, inciso rispetto al resto della superficie, è definito da una sottile fascia dorata (probabilmente realizzata in argento meccato). Il terzo ordine infine è costituito da una superficie circolare di diametro minore, anch'essa decorata con una striscia dorata, da cui si innesta il supporto verticale che collega la base con il corpo centrale del motore. Questo ultimo, di forma ovale, è realizzato da due parti al cui interno è alloggiato l'avvolgimento elettrico. Le due superfici sono rispettivamente decorate da otto fori con bordo dorato, la cui forma richiama quella di otto petali che si articolano secondo una disposizione circolare, attorno a due sporgenze di forma quadrata sulle cui rispettive superfici, sono fissate con quattro viti posizionate agli angoli due targhette in acciaio cromato, riportante l'una il valore della tensione di alimentazione del motore (150 V) e l'altra il numero di serie (N° 1055).

**Notizie storiche e uso dello strumento.** L'apparato stroboscopico è utilizzato per poter osservare e studiare moti periodici [1,2]. Se illuminiamo un oggetto, in moto oscillatorio, a intervalli di tempo regolari, di lunghezza pari al periodo di oscillazione dell'oggetto, la posizione apparente dell'oggetto rimane fissa. Sincronizzando la frequenza di illuminazione con quella dell'oggetto, se ne può determinare il valore. La prima descrizione dell'effetto stroboscopico venne data nel 1829 dal fisico belga Joseph Antoine Ferdinand Plateau (1801 - 1883). Lo stroboscopio meccanico venne in seguito usato in vari campi della scienza. Blaserna, ne *La teoria del suono nei suoi rapporti colla musica*, descrive l'utilizzo di un apparato analogo a questo per lo studio delle vibrazioni di una corda tesa [1]. Un disco stroboscopico è collegato tramite un sistema di leve e pulegge a un peso **P**, che cadendo fornisce l'energia cinetica al disco. La rotazione del disco permette il passaggio della luce attraverso le fessure, creando un fascio di luce intermittente, di frequenza uguale a quella di rotazione del disco, moltiplicata per il numero di fenditure. La luce illumina una corda vibrante in **A**, posta nel fuoco della lente **L** che ne proietta l'immagine a grande distanza, su uno schermo (vedi Fig. 1.19). Questo sistema permette di studiare i modi

normali di vibrazione di una corda in maniera semplice e immediata [1,2]. Nel corso del tempo, l'apparato è stato migliorato passando dalle manovelle manuali a sistemi di leve e pesi, fino all'uso dei motori elettrici. Molto probabilmente, il disco è stato realizzato in una fase precedente e riadattato successivamente per effettuare nuovi esperimenti.

**Interventi di conservazione e restauro.** Rimozione meccanica del deposito superficiale incoerente con pennellesse; rimozione meccanica con bisturi delle incrostazioni superficiali; trattamento delle parti arrugginite con soluzione di acido tannico in alcool applicato localmente a pennello. Per le decorazioni: pulitura di quelle che inizialmente mostravano solo tracce di doratura con "emulsione grassa" (realizzata con acqua deionizzata, ligroina e tensioattivo in opportune percentuali) applicata a tampone e rimozione dei residui con solvente; pulitura superficiale localizzata con solvente o emulsione tramite impacco di polpa di carta, supportato da un foglio di carta giapponese; intervento pittorico tramite velature sottotono con acquarello nelle zone lacunose; stesura finale di cera protettiva sciolta a caldo in soluzione di etere di petrolio al 3% e applicata a pennello e lucidatura con panno morbido.

## Bibliografia

- [1] P. Blaserna, *La teoria del suono nei suoi rapporti colla musica*, F.lli Dumolard, Milano 1875, pagg. 161-165
- [2] E. Perucca, *Fisica Generale e Sperimentale. Meccanica e calore*, Vol. I, UTET Torino 1932, pagg. 91-92
- [3]  Joseph\_Plateau: [it.wikipedia.org/wiki/Joseph\\_Plateau](https://it.wikipedia.org/wiki/Joseph_Plateau)

## 1.17 Metronomo di Maelzel



**Figura 1.20:** Metronomo di Maelzel con dettaglio della targhetta e del meccanismo interno.

**Numero di inventario:** 165

**Costruttore:** Eurlly, Parigi

**Data di acquisto:** 1864

**Materiali:** (cassa) legno; (meccanismo) ottone, acciaio

**Dimensioni:** 11 × 11 × 23 cm





**Prezzo:** Lire 20

**Descrizione e caratteristiche fisiche.** Il metronomo è costituito da un pendolo fisico composto da due pesi, uno fissato all'estremità inferiore e l'altro mobile lungo l'asta del pendolo al di sopra del punto di sospensione [1-3]. Il meccanismo è inserito all'interno di una cassa in legno a tronco di piramide a base quadrata. Sul lato frontale vi è l'asta metallica, su cui è incisa una scala graduata a passo decrescente dal basso verso l'alto. Gli intervalli di tempo possono essere regolati spostando il contrappeso scorrevole lungo l'asta. Quando lo strumento non è in uso, un piccolo gancio la mantiene fissa nella posizione verticale di equilibrio. Una volta messa in movimento, grazie ad un meccanismo a molla, l'asta oscillerà a destra e a sinistra con un moto periodico. Il contrappeso può scorrere lungo l'asta, permettendo così di fissare il periodo di oscillazione. Una scala graduata, incollata verticalmente sulla parete della cassa, segna da 40 a 206 battiti al minuto. Ogni volta che il pendolo raggiunge il punto più a sinistra o più a destra viene generato un suono che scandisce l'intervallo impostato. Sull'etichetta esagonale che si trova sulla scatola in legno dello strumento è inciso: "*Metronome de Maelzel/Breveté en France, Angleterre, Baviere, Autriche et aux Etats Unis*". Il meccanismo interno non è funzionante, in quanto il perno per la carica della molla è rotto e la chiave di carica è mancante. Sul meccanismo è inciso: "*Eurly, Rue de La Fidelité, Paris*".

**Notizie storiche e uso dello strumento.** Il metronomo meccanico, ideato nel 1812 dall'inventore olandese Dietrich Nikolaus Winkel (1777 - 1826), fu brevettato nel 1816 dal musicista tedesco Johann Nepomuk Maelzel (1772 - 1838). Già alla fine del XVII secolo, grazie agli studi di Galileo Galilei, era nota la matematica del pendolo semplice e veniva applicata nella costruzione degli orologi meccanici. L'idea di sfruttare gli stessi principi per uno strumento che aiutasse a tenere il tempo durante una esecuzione musicale è attribuita al musicista Étienne Loulié (1654 - 1702) che inventò un particolare cronometro, precursore dell'attuale metronomo. Si trattava sostanzialmente di un pendolo galileiano con un righello verticale alto 72 pollici recante un foro per ogni pollice. Da un paletto montato all'estremità superiore scendeva un filo a piombo che aveva la funzione di pendolo; la lunghezza del filo poteva essere regolata in modo tale da fissare il periodo di oscillazione. A differenza del metronomo, questo strumento non produceva nessun segnale acustico; il musicista doveva valutare "a occhio" l'intervallo musicale. Il metronomo in uso oggi deriva da uno strumento realizzato ad Amsterdam nel 1812 da Winkel, al quale Maelzel aggiunse la scala graduata e diede il nome di *metronomo*. Il metronomo è comunemente usato in musica come indicatore del tempo di esecuzione, in modo tale da essere di aiuto ai musicisti nell'esecuzione di brani con il corretto ritmo. Lo strumento può anche essere utilizzato per quelle attività in cui è necessario scandire, con un segnale acustico, intervalli temporali tra 40 e 206 battiti al minuto.

**Interventi di conservazione e restauro.** Rimozione meccanica del deposito superficiale incoerente con pennellesse a setole morbide; pulitura superficiale della scatola in legno con acqua e tensioattivo non ionico per rimuovere il deposito superficiale coerente; trattamento protettivo delle superfici in legno con olio paglierino; ricostruzione dei piedini in legno di mogano.

## Bibliografia

- [1] E. Perucca, *Fisica Generale e Sperimentale. Meccanica e calore*, Vol. I, UTET Torino 1932, pag. 256
- [2] G. Foderà Serio, I. Chinnici, *L'osservatorio astronomico di Palermo*, Flaccovio Editore, Palermo 1997, pagg. 99-100
- [3]  h2G2, The Metronome: [h2g2.com](http://h2g2.com)
- [4]  Johann Nepomuk Maelzel: [en.wikipedia.org/wiki/Johann\\_Nepomuk\\_Maelzel](https://en.wikipedia.org/wiki/Johann_Nepomuk_Maelzel)
- [5]  Dietrich Nikolaus Winkel: [en.wikipedia.org/wiki/Dietrich\\_Nikolaus\\_Winkel](https://en.wikipedia.org/wiki/Dietrich_Nikolaus_Winkel)
- [6]  Metronome Synchronization: [youtu.be/yysnkY4WHyM](https://youtu.be/yysnkY4WHyM)

## 1.18 Disco puntinato



**Figura 1.21:** Disco puntinato per polyphon [1].

**Numero di inventario:** ...

**Costruttore:** ...

**Data di acquisto:** ...

**Materiali:** ottone/bronzo

**Dimensioni:** (disco) diametro 21.5 cm; (supporto) altezza 26 cm

**Prezzo:** ...




**Descrizione e caratteristiche fisiche.** Disco di ottone/bronzo su cui sono inseriti i chiodini disposti su dodici circonferenze concentriche. A ogni circonferenza corrisponde una nota della scala musicale. La disposizione dei chiodini sulle varie circonferenze corrisponde a uno specifico brano musicale. Ad oggi, non è nota la provenienza di questo strumento.

**Notizie storiche e uso dello strumento.** Il disco era utilizzato per il polyphon o carillon a disco, uno strumento musicale automatico del XIX secolo. Tale strumento era capace di riprodurre un brano musicale facendo vibrare, con le punte poste sul disco rotante, delle lamelle di acciaio, disposte a pettine, di lunghezza tale da produrre ciascuna una specifica nota della scala musicale.

**Interventi di conservazione e restauro.** Rimozione meccanica del deposito superficiale incoerente con pennello a setole morbide; rimozione del deposito coerente con pennello imbevuto di etere di petrolio; costruzione del supporto in legno.

## Bibliografia

- [1] H. Graf, *Changeable-pin disk for mechanical music-boxes*, US patent No. 1027245 (1912)
- [2] **W** Carillon: [it.wikipedia.org/wiki/Carillon](https://it.wikipedia.org/wiki/Carillon)
- [3]  How It's Made Disc Music Boxes: [youtu.be/4mjAA6X4CcM](https://youtu.be/4mjAA6X4CcM)

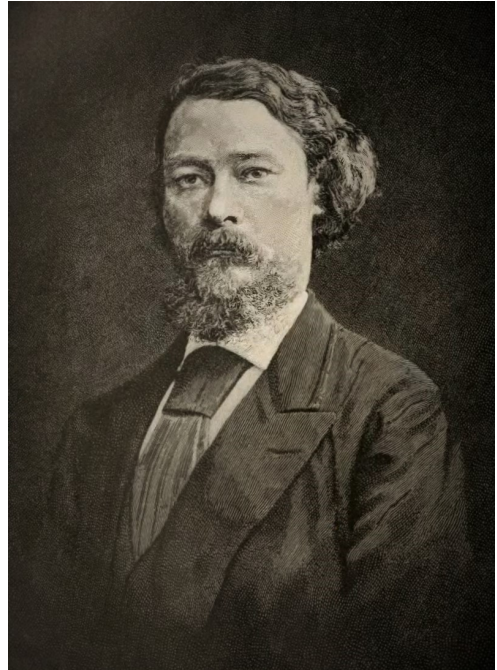


# Appendice A

## Cenni sullo sviluppo storico degli strumenti di Acustica

I primi studi di Acustica, la scienza del suono, risalgono al VI secolo a.C. con la scuola pitagorica, nell'ambito della quale si stabilirono alcune relazioni fra lunghezza e tensione delle corde vibranti e frequenza (tono) del suono generato. I pitagorici costruirono matematicamente una scala musicale, legando così la musica, e quindi l'arte, con la scienza.

Per tutto il medioevo, l'Acustica non ebbe un significativo sviluppo; a partire dal XVII secolo, essa fu considerata una scienza di carattere matematico, ma nel XVIII e XIX secolo divenne una branca della Fisica, grazie al contributo dato dagli studi teorici e sperimentali condotti da Ernst Chladni (1756 - 1827), Félix Savart (1791 - 1841), John Tyndall (1820 - 1893), Hermann von Helmholtz (1821 - 1894), John William Strutt (Lord Rayleigh) (1842 - 1919). Tali studi poterono effettuarsi grazie alle innovazioni tecnologiche introdotte dai migliori costruttori dell'epoca, i quali idearono e realizzarono tutta una serie di strumenti scientifici per la produzione, lo studio e l'analisi dei suoni. Fra questi costruttori va certamente ricordato Rudolph Koenig (1832 - 1901), che nella seconda metà del XIX secolo ideò, costruì e migliorò un gran numero di strumenti e apparati che consentirono di comprendere appieno la maggior parte dei fenomeni fisici riguardanti l'Acustica.



**Figura 22:** Ritratto di Rudolph Koenig (1832 - 1901) [1].

### • La propagazione del suono

La generazione di suoni ha origini antichissime. Tuttavia, il problema della propagazione del suono fu affrontato solamente nel XVII secolo, quando l'impiego delle prime pompe da vuoto dette il via a una serie di esperimenti in questo campo. Athanasius Kircher (1602 - 1680), servendosi di una campanella posta all'interno di un pallone in cui era stata rimossa l'aria (vedi Scheda 1.9), dedusse erroneamente che questa non era essenziale alla propagazione del suono (probabilmente, le difficoltà sperimentali nella realizzazione del vuoto gli impedirono di ottenere i risultati corretti). Otto von Guericke (1602 - 1686) dimostrò la necessità della presenza di un mezzo materiale (l'aria) per la propagazione, utilizzando una suoneria posta sotto una campana a vuoto (vedi Scheda 1.10). Infine, Francis Hawksbee (1660 - 1713) ripeté in pubblico, nel 1705, l'esperienza di Kircher, questa volta con esito positivo.

### • La generazione di suoni puri

Un altro problema fondamentale di Acustica è quello di generare suoni puri, di frequenza ben definita. Sebbene l'organo a canne fosse già noto sin dal III secolo a.C. e le canne sonore, azionate da appositi mantici, venivano utilizzate per produrre e studiare i suoni generati da colonne d'aria oscillanti (vedi Schede 1.4 e 1.5), un metodo per misurare la frequenza dei suoni da esse generati non era stato ancora sviluppato. Per ovviare a questo problema, furono ideate sirene di vario tipo (vedi Schede 1.14 e 1.15). Esse erano connesse in modo che un getto di aria compressa fosse interrotto periodicamente dalla rotazione di un disco perforato. Il suono così prodotto dipende dal numero di fori presenti su una specifica circonferenza del disco e dalla velocità di rotazione del disco stesso. Al fine di avere suoni "campioni", Koenig perfezionò notevolmente i diapason (vedi Schede 1.2 e 1.12) realizzando tonometri in grado di generare suoni con frequenze ben definite a partire da pochi hertz fino a decine di migliaia di hertz.

### • La visualizzazione delle vibrazioni sonore

Nel XIX secolo si svilupparono varie tecniche per studiare i suoni prodotti da corde, lastre, membrane e barre vibranti. Utilizzando le tavole di Chladni (vedi Scheda 1.3) era possibile visualizzare i modi di vibrazione di lamine metalliche.

Con un apparato ottico ideato dal fisico francese Jules Antoine Lissajous (1822 - 1880) era possibile osservare le figure composte dalla sovrapposizione di due oscillazioni perpendicolari, le cosiddette *figure di Lissajous*, le quali consentivano di distinguere suoni di differenti frequenze (vedi Scheda 1.12).

Koenig introdusse la capsula manometrica, formata da una camera divisa da una membrana elastica (vedi Scheda 1.8). Per effetto del suono, la membrana della capsula può essere messa in vibrazione, modulando in questo modo una corrente di gas illuminante che attraversa la camera. Il gas all'uscita di un

piccolo ugello produce una fiammella oscillante, le cui oscillazioni possono essere osservate con l'apparato a specchi rotanti (vedi Scheda 1.8).

### • L'analisi dei suoni

L'analisi dei suoni divenne possibile nel XIX secolo, per mezzo dei risonatori di Helmholtz, cavità sferiche o cilindriche capaci di rinforzare un suono di frequenza corrispondente alla frequenza propria del risonatore (vedi Scheda 1.13). Nell'analizzatore armonico, risonatori collegati a capsule manometriche permettevano di determinare le frequenze presenti in un suono composto. Questo apparecchio permise di sviluppare importanti ricerche scientifiche e rimase in uso fino all'introduzione dei moderni oscilloscopi elettronici.

### • La registrazione e la riproduzione dei suoni

La registrazione e la riproduzione dei suoni furono possibili solo a partire dalla seconda metà del XIX secolo. I primi strumenti per registrare graficamente le vibrazioni portarono all'invenzione di apparecchi capaci anche di riprodurre i suoni. I primi fonografi, grafofoni o grammofoni utilizzavano fogli di stagno, cilindri di cera o dischi di gommalacca sui quali erano state incise le vibrazioni di uno stilo collegato a un diaframma.

Il polifono (polyphon) invece utilizzava un disco di ottone con piccole punte sporgenti (vedi Scheda 1.18) che azionavano delle lamine metalliche vibranti di differente lunghezza; facendo ruotare il disco, la vibrazione delle varie lamine riproduceva una melodia. In pochi anni questi apparecchi furono perfezionati e divennero estremamente popolari.

### • L'evoluzione nel XX secolo

Gli strumenti meccanici di acustica, che avevano subito una evoluzione straordinaria durante tutto il XIX secolo, all'inizio del XX secolo scomparirono quasi completamente dalla pratica del laboratorio di Fisica. Con l'invenzione della valvola termoionica e l'introduzione di microfoni, tubi a raggi catodici e circuiti elettrici risonanti sia gli strumenti meccanici per lo studio del suono sia i metodi ottici di visualizzazione delle vibrazioni sonore furono di fatto sostituiti da moderni strumenti elettrici.

**Bibliografia**

- [1] W. Le Conte Stevens, *Sketch of Rudolph Koenig*, The Popular science monthly **37** (1890) 432
- [2] P. Blaserna, *La teoria del suono nei suoi rapporti colla musica*, F.lli Dumolard, Milano 1875
- [3] P. Brenni, *The triumph of experimental acoustics*, Bulletin Sci. Instr. Soc. **44** (1995) 13
- [4] AA. VV., *L'acustica e i suoi strumenti*, a cura di A. Giatti, M. Miniati, Giunti, Firenze 2001

# Appendice B

## Breve biografia di Pietro Blaserna

Pietro Blaserna nacque a Fiumicello, Udine, il 22 febbraio 1836. Studiò Fisica, con brillanti risultati, a Vienna e a Parigi, dove fu assistente del celebre fisico Henri-Victor Regnault (1810 - 1878). Nel 1862 fu nominato incaricato di Fisica presso il Reale Museo di Fisica e di Storia naturale dell'Istituto di Studi Superiori di Firenze. Un anno dopo, fu chiamato a ricoprire, come professore ordinario, la cattedra di Fisica Sperimentale presso l'Università di Palermo [1]. Con l'arrivo di Pietro Blaserna, allora appena ventisettenne, si ebbe una svolta importante nella storia della fisica palermitana. Blaserna diede un indirizzo sperimentale, rinnovando profondamente l'Istituto di Fisica e il suo laboratorio [2], grazie agli aiuti finanziari concessigli dal Ministro Michele Amari (1806 - 1889).



Pietro Blaserna (1836 - 1918)

A Palermo Blaserna coniugò l'attività didattica alla ricerca scientifica, occupandosi di termodinamica [3,4], elettrodinamica [5,6] e ottica [7,8]. In occasione dell'eclisse totale di Sole del 22 dicembre 1870, partecipò alla spedizione ad Augusta organizzata dal Governo Italiano ed ebbe la possibilità di studiare la polarizzazione della luce emessa dalla corona solare [8]. A Palermo Blaserna svolse il suo più importante studio sperimentale, quello sullo sviluppo e la durata delle correnti di induzione e delle extracorrenti [5,6], che rimane uno tra i primi studi dei grandi problemi dell'elettrodinamica culminati successivamente nelle celebri esperienze di Heinrich Rudolf Hertz (1857 - 1894).

SULLO SVILUPPO E LA DURATA DELLE CORRENTI D' INDUZIONE  
E DELLE ESTRACORRENTI

PRIMA MEMORIA DEL PROFESSORE PIETRO BLASERNA.

Le esperienze, che seguono, sono state incominciate sul finire dell'anno 1866, e furono continuate con qualche interruzione fino al momento in cui scrivo. Feci i primi tentativi con un istrumento molto primitivo, il quale pur non di meno mi mostrò la possibilità di risolvere il problema che m'occupava, e mi permise di trovare alcuni fatti abbastanza interessanti, che comunicai, non senza qualche riserva, all'Accademia di Parigi durante il mio soggiorno colà nell'anno 1867 (1).

Ordinai allora presso il distinto meccanico signor *Deleuil* un apparecchio molto più perfetto, *l'interruttore differenziale*, che sarà a suo luogo descritto, apparecchio che è riuscito veramente eccellente, e m'ha reso i più distinti servigi.

Alle spese contribuì in parte la SOCIETÀ' DEI QUARANTA, la quale sull'iniziativa presa dal suo Presidente d'allora, il compianto PROF. MATTEUCCI, m'accordò la somma di lire 1200.

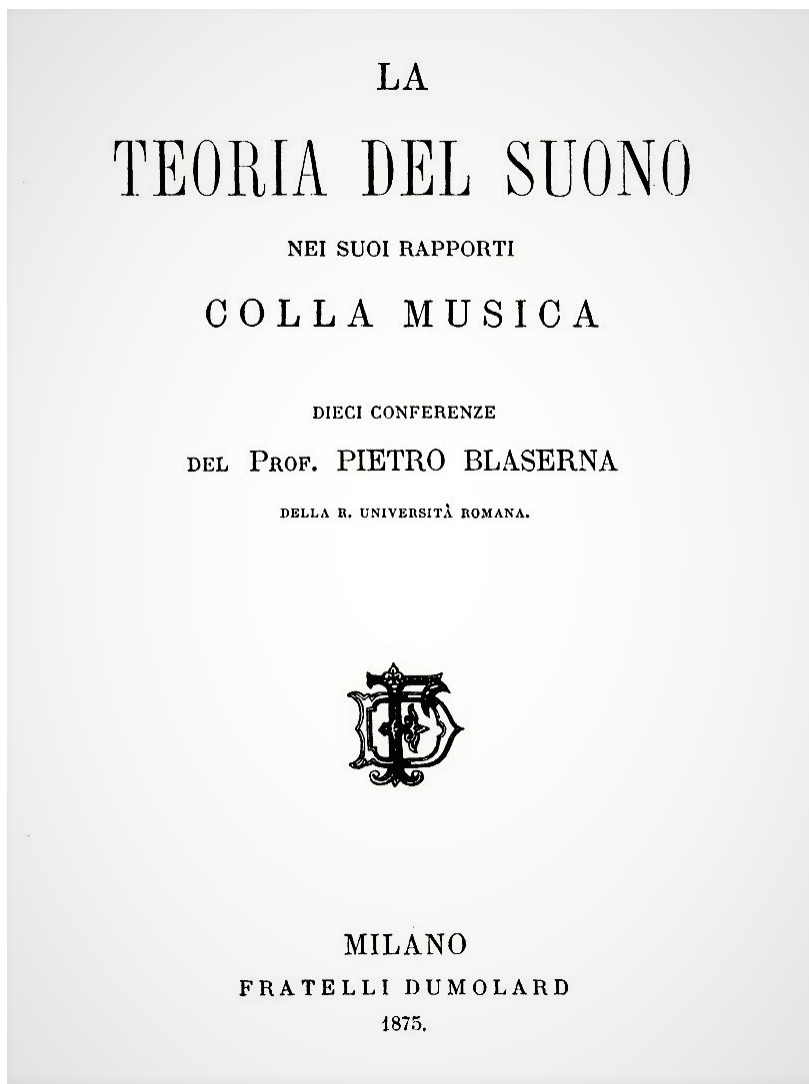
Nel mentre ringrazio di cuore questa Società del fondo con benevolenza concessomi, mi sia permesso di deporre queste pagine sulla tomba ancor fresca del suo defunto Presidente, di quell'uomo illustre, che coll'ingegno potente e il sentimento patrio spingeva sempre e dovunque al progresso, *prevedeva* i bisogni scientifici di tutti (2), e che colla straordinaria sua operosità si è logorato prematuramente la

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences* 1867, vol. 65.

(2) Il Prof. Matteucci mi scrisse in gennaio 1868: « Ho letto la vostra comunicazione nei *Comptes rendus*. Per le esperienze che prometteste di fare, suppongo che avrete bisogno di nuovi istrumenti. Se è così, vi avverto che la Società dei Quaranta ha qualche fondo disponibile, e ve lo accorderà volentieri. Fatemi una domanda particolareggiata. » Non saprei esprimere quanto gli fui grato di questa proposta inaspettata.



Nell'autunno 1872, Blaserna si trasferì a Roma, chiamato a ricoprire la cattedra di Fisica Sperimentale presso l'Università "La Sapienza"; l'anno dopo venne nominato direttore dell'Istituto Fisico di via Panisperna, Istituto che diventerà celebre negli anni Trenta per gli studi di Fisica nucleare [9]. Nel 1875, Blaserna pubblicò il libro dal titolo: *La teoria del suono nei suoi rapporti con la musica*, dove raccolse i suoi studi di acustica applicata alla musica [10]. Fu Rettore dell'Università "La Sapienza" e Senatore del Regno d'Italia; fondò la Società Italiana di Fisica, di cui fu il primo presidente, e l'attuale Istituto Nazionale di Geofisica. Morì a Roma nel 1918.



P. Blaserna, *La teoria del suono nei suoi rapporti con la musica*, Dumolard, Milano 1875.

## I N D I C E

---

- I.<sup>a</sup> CONFERENZA. — 1. Movimenti periodici, vibrazioni. — 2. Vibrazioni sonore. — 3. Vibrazioni di una campana. — 4. Vibrazioni dei coristi, metodo grafico. — 5. Vibrazioni delle corde, — 6. delle lamine o membrane. — 7. Vibrazioni dell'aria nelle canne sonore. — 8. Metodo delle fiamme manometriche. — Conclusione. . . . . *Pag.* 1
- II.<sup>a</sup> CONFERENZA. — 1. Trasmissione del suono. — 2. Propagazione nell'aria, — 3. nell'acqua ed in altri corpi. — 4. Velocità del suono nell'aria, — 5. nell'acqua ed in altri corpi. — 6. Riflessione del suono. — 7. Eco . . . . . » 25
- III.<sup>a</sup> CONFERENZA. — 1. Caratteri del suono e differenza tra suono e rumore. — 2. Intensità del suono e varie cause da cui dipende. — 3. Principio della concomitanza dei suoni. — 4. Casse armoniche e risuonatori . . . . . » 41
- IV.<sup>a</sup> CONFERENZA. — 1. Misura del numero delle vibrazioni, metodo grafico. — 2. Sirena di Cagniard de la Tour. — 3. Altezza dei suoni; limiti dei suoni sensibili, dei suoni musicali e della voce umana. — 4. Corista normale. — 5. Legge delle vibrazioni delle corde e dei suoni armonici » 53
- V.<sup>a</sup> CONFERENZA. — 1. Suoni musicali. — 2. Legge dei rapporti semplici. — 3. Unisono, interferenze. — 4. Battimenti. — 5. Loro spiegazione. — 6. Suoni di combinazione. — 7. Ottava ed altri suoni armonici. — 8. Accordi consonanti e loro limite. — 9. Quinta, quarta, sesta e terza maggiore, terza e sesta minore. — 10. Il settimo armonico . . . . . » 67

- 
- VI.<sup>a</sup> CONFERENZA. — 1. Doppia sirena di Helmholtz. — 2. Legge dei rapporti semplici applicata a tre e più suoni. — 3. Accordo perfetto maggiore e minore, loro carattere. — 4. Rovesciamento degli accordi . . . . . *Pag.* 88
- VII.<sup>a</sup>-ED VIII.<sup>a</sup> CONFERENZA. — 1. Accordi dissonanti. — 2. e 3. Carattere della musica e delle scale musicali. — 4. Musica antica. — 5. Scale greche. — 6. Scala pitagorica, — 7. sua decadenza. — 8. Canto ambrosiano e gregoriano. — 9. Musica polifonica, armonia; la riforma protestante; Palestrina. — 10. Trasformazione delle scale musicali, la tonica e l'accordo fondamentale. — 11. Scala maggiore; intervalli musicali. — 12. Scala minore. — 13. Intonazione e passaggi. — 14. e 15. Diesis e bemolle. — 16. Scala temperata, sue inesattezze. — 17. Utilità di abbandonarla . . . . . ▶ 100
- IX.<sup>a</sup> CONFERENZA. — 1. Timbro dei suoni musicali. — 2. Forma delle vibrazioni, metodo ottico. — 3. Altro metodo ottico. — 4. Metodo del fonautografo. — 5. Legge dei suoni armonici. — 6. Timbro delle corde e degli strumenti. — 7. Legge generale sugli accordi. — 8. Rumori che accompagnano i suoni. — 9. Timbro delle vocali . . . . ▶ 135
- X.<sup>a</sup> CONFERENZA. — 1. Differenza tra scienza ed arte. — 2. Musica italiana e tedesca. — 3. 4. Distacco delle due scuole. — 5. Influenza di Parigi. — 6. Conclusione. . . . . ▶ 162
-

**Bibliografia**

- [1] P. Nastasi, *Da Domenico Scinà a Michele La Rosa, Le scienze chimiche, fisiche e matematiche nell'ateneo di Palermo*, in *Quaderni del Seminario di Storia della Scienza*, n. **7**, Palermo 1998
- [2] P. Blaserna, *Sullo Stato attuale delle scienze fisiche in Italia e su alcune macchine di fisica*, in *L'Italia alla Esposizione Universale di Parigi nel 1867*, Firenze 1868, pagg. 70-74
- [3] P. Blaserna, *Sulla compressibilità dell'acido carbonico e dell'aria atmosferica a cento gradi di temperatura*, *Il Nuovo Cimento* **20** (1864) 290
- [4] P. Blaserna, *Sulla Legge di Avogadro*, *Gazzetta Chimica Italiana* **I** (1871) 64
- [5] P. Blaserna, *Sullo sviluppo e la durata delle correnti d'induzione delle extracorrenti*. Sunto del Dott. Damiano Macaluso, *Il Nuovo Cimento* **3** (1870) 387
- [6] P. Blaserna, *Sullo sviluppo e la durata delle correnti di induzione e delle extracorrenti*, *Giornale di Scienze Naturali ed Economiche* **VI** (1871) 22
- [7] P. Blaserna, *Indice di rifrazione dell'alcool anisico e dell'alcool metilsalicilico*, *Gazzetta Chimica Italiana* **II** (1872) 69
- [8] P. Blaserna, *Sulla polarizzazione della corona solare osservata in Augusta durante l'eclisse totale del 22 Dicembre 1870 dal Prof. Pietro Blaserna*, *Il Nuovo Cimento* **6** (1871) 191
- [9] M. Focaccia, *Uno scienziato galantuomo a via Panisperna. Pietro Blaserna e la nascita dell'Istituto fisico di Roma*, *NUNCIUS LXXVII*, Firenze 2017
- [10] P. Blaserna, *La teoria del suono nei suoi rapporti con la musica*, F.lli Dumolard, Milano 1875

# Appendice C

*CATALOGO BLASERNA*

*(1865)*

**Ministero di Pubblica Istruzione**

**N. 3**

Specchio dimostrativo

delle proprietà mobili dello Stato (suppellettile scientifica od artistica)

destinate a servizio del Gabinetto di Fisica

della R. Università di Palermo

1° Supplemento al Catalogo di Giugno 1863

...

## ACUSTICA

**Pallone per la soneria nel vuoto; diametro 24 cent.i (L.20)**

**Otto pezzi di legno che danno la scala musicale. (L.8)**

**Un'archetto di basso ed uno di contrabasso. (L.16)**

**Tubo di Rijke. (L.3)**

**Sirena di Seebeck con otto dischi bucati in vario modo. (L.250)**

**Grande campana di bronzo con tubo di legno per rinforzare il suono.  
(L.90)**

**Canna quadrata di legno avente una parete di cristallo per vedere le  
vibrazioni interne di una membrana. (50)**

**Canna quadrata di legno con una parete sottilissima. (L.10)**

**Canna di legno con chiavetta, e canna con valvola. (L.14)**

**Tre tubi, uno di legno, uno di cartone ed uno di rame. (L.20)**

**Piccola membrana di gomma elastica che si può tendere più o meno fra due anelli di legno.** (L.10)

**Membrana di carta tesa su di un anello di legno.** (L.6)

**Due grosse campane non tornite.** (L.30)

**Due grosse lamine di ottone una rotonda ed una quadrata, ed un sostegno di noce.** (L.50)

**Banco di noce con sei lamine di ottone di varia forma e grandezza per le figure di Chladni.** (L.70)

**Grande banco di legno colle ruote dentate di Savart e contatore.** (L.330)

**Apparecchio per i suoni prodotti dalle vibrazioni longitudinali delle verghe.** (L.60)

**Apparecchio di Lissajous** per la combinazione parallela e rettangolare col metodo ottico e grafico; con otto diapason di diversa grandezza contenuti in una cassetta; una lampada a moderatore; una larga tavola che serve di sostegno universale, e 5 piedi di noce a vite per tenere i diapason. (cassetta con otto diapason; 5 piedi di noce; una tavola di base ed una lampada L.400)

**Nove canne di ligno**, delle quali, due grandi pei battimenti, quattro più piccole che danno l'accordo perfetto, due che danno la quarta, ed una il suono risultante. (L.74)

**Apparecchio di Trevelyan.** (due, L.12)

...

**Nota.** Trascrizione del documento originale, tratta da: V. Sagone, *Pietro Blaserna e la Collezione degli Strumenti dell'Istituto di Fisica dell'Università di Palermo*, Tesi di Laurea in Fisica, Università di Palermo, 17 luglio 2002.

# Appendice D

## Note del *Registro Blaserna*

Dalla Nota N.9 del 1864:

N° 9 - Nota del meccanico R. Koenig per istrumenti di acustica:

1.		
2.	Archet de contrebasse .....	lire 8
3.	Archet de basse .....	lire 8
4.	Appareil de Trevelyon .....	lire 12
5.	Tube de verre de Rijke .....	lire 3
6.	Sirène d'après Seebeck .....	lire 250
7.	Deux tuyaux de grosse taille pour battements .....	lire 40
8.	Deux tuyaux ouvert sonnans la quarte .....	lire 8
9.	Un tuyau donnant le son résultant .....	lire 6
10.	Appareil de timbre .....	lire 90
11.	Appareil pour la combinaison parallèle et rectangulaire par la méthode optique et graphique .....	lire 400
12.	Un tuyau vitré avec membrane .....	lire 15
13.	Un long tuyau avec parois très mince .....	lire 15
14.	Un tuyau muni de clavette .....	lire 15
15.	Un tuyau portant une soupape au ventre de vibration .....	lire 6
16.	Trois tuyaux en cuivre, en bois et en carton .....	lire 21
17.	Quatre tuyaux donnant l'accord parfait .....	lire 20
18.	Une membrane à tension variable .....	lire 10
19.	Une membrane en papier .....	lire 6
20.	Deux timbres non tournis .....	lire 30
21.	Instrument de musique fondé sur les vibrations longitudyners .....	lire 60
22.	Un banc surmonté de six plaques de laiton .....	lire 70
23.	Une plaque circulaire .....	lire 15
24.	Une plaque carrée .....	lire 15

25. Support universel pour plaques .....	lire	20
26. Rouis dentées et barre avec compteur .....	lire	330

Dalla Nota N.151 del 1868:

N°151. Nota di R. Koenig.\*

10 Diapason .....		280
5 id. con risuonatori per le deboli .....		100
Cilindro per iscrivere le vibrazioni sonore .....		150

Dalla Nota N.152 del 1868:

N°152. Nota di R. Koenig.\*

Serie di 19 risuonatori .....		150
App. a fiamme manometriche .....		200

**Nota.** Trascrizione del documento originale, tratta da: V. Sagone, *Pietro Blaserna e la Collezione degli Strumenti dell'Istituto di Fisica dell'Università di Palermo*, Tesi di Laurea in Fisica, Università di Palermo, 17 luglio 2002.



# Appendice E

## Frequenze e notazioni musicali

In ambito musicale, oggi è usata la scala temperata (o equabile), introdotta nel 1691 dal compositore tedesco Andreas Werckmeister (1645 - 1706) e successivamente applicata da Johann Sebastian Bach (1685 - 1750) nell'opera *Il clavicembalo bitemperato*. Nella scala temperata gli intervalli tra due note successive, intesi come rapporto di frequenze, sono sempre uguali. L'ottava viene quindi suddivisa in dodici semitoni uguali, per cui l'intervallo di un semitono è pari a:

$$f_{n+1} = \sqrt[12]{2} \times f_n = 1.05946 \times f_n.$$

Tra le note DO-RE, RE-MI, FA-SOL, SOL-LA, LA-SI della scala temperata vi è l'intervallo di due semitoni; tra MI-FA e SI-DO vi è l'intervallo di un solo semitono. Tra due note aventi l'intervallo di due semitoni è intercalata una nota intermedia che corrisponde ai *diesis* e *bemolle*. Se  $f$  hertz è la frequenza del DO<sub>1</sub>, risulta:

$$\text{DO}_1 : f; \quad \text{RE}_1 : 1.05946^2 \times f; \quad \text{MI}_1 : 1.05946^4 \times f \cdots \text{DO}_2 : 1.05946^{12} \times f.$$

La prima scala musicale fu quella naturale, o dei rapporti semplici. Questa scala fu elaborata dal pitagorico Archita (428 a.C. - 360 a.C.), poi ripresa dall'astronomo Claudio Tolomeo (100 d.C. - 175 d.C.) e infine perfezionata nel 1558 dal teorico musicale Gioseffo Zarlino (1517 - 1590).

Con l'aumentare della mobilità di cantanti e musicisti fra le varie nazioni, la necessità di una frequenza musicale campione si andò delineando sempre più nettamente. Nel 1854 l'Accademia delle Scienze di Parigi propose di fissare la frequenza della nota LA<sub>3</sub> a 435 Hz, valore che venne confermato all'unanimità dalla Conferenza internazionale di Vienna [1] il 17 novembre 1885, a cui parteciparono in rappresentanza dell'Italia il fisico Pietro Blaserna e il musicista Arrigo Boito (1842 - 1918). Quella conferenza non servì solamente a fissare la frequenza campione, ma anche a individuare il corista uniforme (o corista normale), cioè il diapason, come lo strumento che avrebbe dovuto rappresentare il campione di riferimento. Il 20 e 21 ottobre 1953, il comitato tecnico per l'acustica della International Organization for Standardization (I.S.O.), confermò una precedente

proposta avanzata nel 1939, elevando la frequenza di riferimento della nota LA<sub>3</sub> a  $440 \pm 0.5$  Hz.

Nella Tabella seguente è descritta la corrispondenza tra le varie notazioni musicali nella scala naturale e in quella temperata.

**Tabella 1:** Corrispondenza tra le varie notazioni musicali. La notazione tedesca è uguale a quella anglosassone mentre la notazione francese differisce da quella italiana per il nome Ut del DO [2,3].

Notazione italiana	Notazione anglosassone	Scala naturale (Hz)	Rapporto semplice	Scala temperata (Hz)
DO <sub>1</sub>	C	64	1/1	65
RE <sub>1</sub>	D	72	9/8	73
MI <sub>1</sub>	E	80	5/4	82
FA <sub>1</sub>	F	85	4/3	87
SOL <sub>1</sub>	G	96	3/2	98
LA <sub>1</sub>	A	107	5/3	110
SI <sub>1</sub>	B	120	15/8	124
DO <sub>2</sub>	c	128	2/1	131
...	...	...	...	...
DO <sub>3</sub>	c <sub>1</sub>	256	3/1	262
...	...	...	...	...
LA <sub>3</sub>	a <sub>1</sub>	435	4/1	440
...	...	...	...	...
DO <sub>4</sub>	c <sub>2</sub>	512	5/1	523
...	...	...	...	...

## Bibliografia

- [1] P. Blaserna, *Sulla conferenza internazionale di Vienna per l'adozione di un corista uniforme*, Il Nuovo Cimento **20** (1886) 231
- [2] J. Jamin, *Cours de Physique: Acoustique*, Tome troisième Gauthier-Villars, Paris 1881, pag. 20
- [3] AA. VV., *L'acustica e i suoi strumenti*, a cura di A. Giatti, M. Miniati, Giunti, Firenze 2001, pag. 74

# Appendice F

## Cenni sui criteri di conservazione e restauro

L'attività di conservazione e restauro di strumenti scientifici di interesse storico è abbastanza recente. Solo negli anni Ottanta, infatti è stato avviato un coordinamento delle ricerche in Storia della Fisica e il parallelo recupero degli strumenti di interesse storico-scientifico, con notevole ritardo rispetto al resto del patrimonio culturale storico-artistico o archeologico. Motivo per il quale si sono incontrate non poche difficoltà nel definire i principi base della disciplina e nell'individuare le competenze necessarie per intervenire secondo efficaci criteri di conservazione e restauro.

La principale problematica che spesso bisogna affrontare negli interventi su strumentazioni di interesse storico-scientifico è quella di rispondere a due delicate esigenze: da un canto, il rispetto del valore storico e dei materiali originali costitutivi, dall'altro il ripristino della funzionalità. Non sempre queste due esigenze si possono conciliare, in quanto spesso per ripristinare la funzionalità verrebbe alterato sia l'aspetto sia l'originalità degli elementi costitutivi, compromettendo così proprio la fonte diretta delle importanti informazioni, di carattere storico, presenti nello strumento originale. È necessario dunque conoscere preliminarmente il funzionamento dello strumento in esame, comprese le sue particolarità costruttive e gli accorgimenti tecnici utilizzati dal costruttore per la sua realizzazione, e individuare le tecniche di restauro da adottare in base ai diversi tipi di materiali che lo costituiscono (metallo, legno, vetro, carta, ecc.), al fine di preservare lo strumento, migliorarne il suo aspetto e, quando possibile, ripristinarne la sua funzionalità. Ogni tipologia di materiale richiede infatti un intervento mirato in base alle caratteristiche, ai trattamenti applicati in passato e ai fenomeni di degrado presenti, legati all'uso o allo stato di conservazione. In alcuni casi, infatti, per restituire identità e funzionalità allo strumento, è necessario ricostruire alcune parti mancanti.

È importante sottolineare, infine, che tutti gli interventi di conservazione e restauro devono essere reversibili, distinguibili e opportunamente documentati nelle relative schede catalografiche.

**Bibliografia**

- [1] M. Miniati, *Il restauro degli strumenti scientifici*, Alinea ed., Firenze 1988
- [2] S. Keene, *Instruments of History: Appearance and Evidence*, Proceedings of the workshop: *The restoration of scientific instruments*, Firenze 14-15 dicembre 1998, pagg. 57-67
- [3] R. Marotti, *Introduzione al restauro della strumentazione di interesse storico scientifico*, Il Prato, Padova 2004
- [4] A. Agliolo Gallitto, M. Casula, D. Cirrincione, F. Mirabello, F. Taormina, *Alcuni esempi di catalogazione e restauro nell'ambito della Collezione Storica degli Strumenti di Fisica dell'Università di Palermo*, in *Atti del Convegno: "Gli strumenti scientifici delle collezioni storiche nell'area palermitana"*, a cura di A. Agliolo Gallitto, Quaderni di Ricerca in Didattica (Science), Suppl. N. 7 (2015) 35

# Bibliografia e sitografia

## Riferimenti bibliografici

AA. VV., Atti del Convegno “*Gli strumenti scientifici delle collezioni storiche nell’area palermitana*”, a cura di A. Agliolo Gallitto, Quaderni di Ricerca in Didattica (Science), Suppl. n. **7**, Palermo 2015

AA. VV., *L’acustica e i suoi strumenti*, a cura di A. Giatti, M. Miniati, Giunti, Firenze 2001

J. Abbott, *A Siren of Science*, Harper’s New Monthly Magazine **45** (1872) 844

A. Agliolo Gallitto, E. Fiordilino, *The double cone: a mechanical paradox or a geometrical constraint?*, Phys. Educ. **46** (2011) 682

A. Agliolo Gallitto, M. Casula, D. Cirrincione, F. Mirabello, F. Taormina, *Alcuni esempi di catalogazione e restauro nell’ambito della Collezione Storica degli Strumenti di Fisica dell’Università di Palermo*, in Atti del Convegno “*Gli strumenti scientifici delle collezioni storiche nell’area palermitana*”, a cura di A. Agliolo Gallitto, Quaderni di Ricerca in Didattica (Science), Suppl. n. **7** (2015) 35

A. Agliolo Gallitto, M. Casula, D. Cirrincione, E. Fiordilino, F. Mirabello, F. Taormina, *Due paradossi meccanici della Collezione Storica degli Strumenti di Fisica dell’Università di Palermo*, in Atti del Convegno “*Gli strumenti scientifici delle collezioni storiche nell’area palermitana*”, a cura di A. Agliolo Gallitto, Quaderni di Ricerca in Didattica (Science), Suppl. n. **7** (2015) 73

A. Agliolo Gallitto, S. Licata, F. Mirabello, F. Taormina, *Recupero di un raro banco ottico del Melloni costruito nella Palermo della “belle époque”*, Museologia Scientifica **10** (2016) 117

A. Agliolo Gallitto, V. Pace, R. Zingales, *The silver voltameter: an essential instrument for the definition of the unit of electric current*, Bulletin Sci. Instr. Soc. **135** (2017), in corso di stampa

F. Aglione, A. Agliolo Gallitto, E. Fiordilino, *‘Naughty cylinder’ mechanical paradox*, Phys. Educ. **48** (2013) 137

- P. Blaserna, *Sulla compressibilità dell'acido carbonico e dell'aria atmosferica a cento gradi di temperatura*, Il Nuovo Cimento **20** (1864) 290
- P. Blaserna, *Sullo Stato attuale delle scienze fisiche in Italia e su alcune macchine di fisica*, in *L'Italia alla Esposizione Universale di Parigi nel 1867*, Firenze 1868, pagg. 70-74
- P. Blaserna, *Sullo sviluppo e la durata delle correnti d'induzione delle extracorrenti*. Sunto del Dott. Damiano Macaluso, Il Nuovo Cimento **3** (1870) 387
- P. Blaserna, *Sullo sviluppo e la durata delle correnti di induzione e delle extracorrenti*, Giornale di Scienze Naturali ed Economiche **VI** (1871) 22
- P. Blaserna, *Sulla Legge di Avogadro*, Gazzetta Chimica Italiana **I** (1871) 64
- P. Blaserna, *Sulla polarizzazione della corona solare osservata in Augusta durante l'eclisse totale del 22 Dicembre 1870 dal Prof. Pietro Blaserna*, Il Nuovo Cimento **6** (1871) 191
- P. Blaserna, *Indice di rifrazione dell'alcool anisico e dell'alcool metilsalicilico*, Gazzetta Chimica Italiana **II** (1872) 69
- P. Blaserna, *La teoria del suono nei suoi rapporti colla musica*, F.lli Dumolard, Milano 1875
- P. Brenni, *The triumph of experimental acoustics*, Bulletin Sci. Instr. Soc. **44** (1995) 13
- P. Brenni, *Chladni Plates*, in *Instruments of Science: An Historical Encyclopedia*, a cura di R. Bud, D. J. Warner, Garland Publishing, London 1998
- E. F. F. Chladni, *Entdeckungen über die Theorie des Klanges*, Weidmanns Erben und Reich, Leipzig 1787
- D. Cirrincione, *Breve storia dell'Istituto di Fisica e della sua collezione storica di strumenti per misure elettriche*, Tesi di Laurea Magistrale in Fisica, Università di Palermo, 23 marzo 2016
- M. Focaccia, *Uno scienziato galantuomo a via Panisperna. Pietro Blaserna e la nascita dell'Istituto fisico di Roma*, NUNCIUS **LXXVII**, Firenze 2017
- G. Foderà Serio, I. Chinnici, *L'osservatorio astronomico di Palermo*, Flaccovio Editore, Palermo 1997
- A. Ganot, *Traité Élémentaire de Physique*, IX Ed. Chez L'Auteur - Éditeur, Parigi 1860

- G. Giordano, *Trattato Elementare di Fisica Sperimentale e di Fisica Terrestre*, II Ed. Vitale, Napoli 1862
- H. Graf, *Changeable-pin disk for mechanical music-boxes*, US patent No. 1027245 (1912)
- T. B. Greenslade Jr., *The Rotating Mirror*, Phys. Teach. **19** (1981) 253
- T. B. Greenslade Jr., *The acustical apparatus of Rudolph Koenig*, Phys. Teach. **30** (1992) 518
- F. Hauksbee, *Physico-mechanical experiments on various subjects*, London 1709
- J. Jamin, *Cours de Physique: Acoustique*, Tome troisième Gauthier-Villars, Paris 1881
- S. Keene, *Instruments of History: Appearance and Evidence*, Proceedings of the workshop "The restoration of scientific instruments", Firenze 14-15 dicembre 1998
- R. Koenig, *Catalogue des Appareils D'Acoustique*, Paris 1865
- R. Koenig, *Quelques expériences d'acoustique*, Paris 1882
- R. Koenig, *Catalogue des Appareils D'Acoustique*, Paris 1889
- M. Kohl, *Physical Apparatus*, Vol. II, Chemnitz Germany, 1909-1911?
- A. Kundt, *Ueber eine neue Art akustischer Staubfiguren und über die Anwendung derselben zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in festen Körpern und Gasen*, Annalen der Physik und Chemie **127** (1866) 497
- W. Le Conte Stevens, *Sketch of Rudolph Koenig*, The Popular science monthly **37** (1890) 432
- R. Marotti, *Introduzione al restauro della strumentazione di interesse storico scientifico*, Il Prato, Padova 2004
- M. Mercadier, *Electro-diapason a mouvement continu*, J. Phys. Theor. Appl. **2** (1873) 350
- M. Miniati, *Il restauro degli strumenti scientifici*, Alinea ed., Firenze 1988
- P. Nastasi, *Da Domenico Scinà a Michele La Rosa, Le scienze chimiche, fisiche e matematiche nell'ateneo di Palermo*, in *Quaderni del Seminario di Storia della Scienza*, n. **7**, Palermo 1998
- Nordisk familjebok, *Königs manometriska lågor*, Stockholm 1911

- D. Pantalony, *Altered Sensations: Rudolph Koenig's Acoustical Workshop in Nineteenth-Century Paris*, Springer 2009
- E. Perucca, *Fisica Generale e Sperimentale. Meccanica e calore*, Vol. I UTET, Torino 1932
- A. Russo, *L'affermazione della fisica palermitana nel panorama scientifico nazionale, 1935-1970*, in *Quaderni del Seminario di Storia della Scienza*, n. 7, Palermo 1998
- V. Sagone, *Pietro Blaserna e la Collezione degli Strumenti dell'Istituto di Fisica dell'Università di Palermo*, Tesi di Laurea in Fisica, Università di Palermo, 17 luglio 2002
- T. Sear, *The Historical Collection of Physics Instruments of Palermo University*, Bulletin Sci. Instr. Soc. No. **132** (2017) 32
- E. Segré, *Autobiografia di un fisico*, Bologna 1995
- J. Tyndall, *Sound*, III Ed. Longmans, London 1875
- J. A. Zahm, *Sound and music*, A. C. McClurg & Co., Chicago 1900
- R. Zingales, *From Masurium to Trinacrium: The Troubled Story of Element 43*, J. Chem. Educ. **82** (2005) 221

## Siti e pagine web

Collezione Storica degli Strumenti di Fisica,  
sito web di Aurelio Agliolo Gallitto:  
[sites.google.com/site/aurelioagliologallitto/collezione-storica/catalogo/acustica](https://sites.google.com/site/aurelioagliologallitto/collezione-storica/catalogo/acustica)

Fisica, Onde Musica, Risuonatori di Helmholtz:  
[fisicaondemusica.unimore.it/Risuonatori\\_di\\_Helmholtz.html](http://fisicaondemusica.unimore.it/Risuonatori_di_Helmholtz.html)

h2G2, The Metronome: [h2g2.com](http://h2g2.com)

Monoskop, Ernst Chladni: [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)

Teylers Museum: [www.teylersmuseum.nl/en/collection/instruments](http://www.teylersmuseum.nl/en/collection/instruments)

Teylers Museum, Brass bell with wooden resonator:  
[www.teylersmuseum.nl/en/collection/instruments/fk-0271-bell-and-resonator](http://www.teylersmuseum.nl/en/collection/instruments/fk-0271-bell-and-resonator)



- Whipple Museum, University of Cambridge, Acoustics:  
[www.sites.hps.cam.ac.uk/whipple/explore/acoustics/](http://www.sites.hps.cam.ac.uk/whipple/explore/acoustics/)
- WikipediA, August Kundt: [it.wikipedia.org/wiki/August\\_Kundt](http://it.wikipedia.org/wiki/August_Kundt)
- WikipediA, August Seebeck: [it.wikipedia.org/wiki/August\\_Seebeck](http://it.wikipedia.org/wiki/August_Seebeck)
- WikipediA, Charles Cagniard de Latour:  
[it.wikipedia.org/wiki/Charles\\_Cagniard\\_de\\_Latour](http://it.wikipedia.org/wiki/Charles_Cagniard_de_Latour)
- WikipediA, Campanello elettrico: [it.wikipedia.org/wiki/Campanello\\_elettrico](http://it.wikipedia.org/wiki/Campanello_elettrico)
- WikipediA, Carillon: [it.wikipedia.org/wiki/Carillon](http://it.wikipedia.org/wiki/Carillon)
- WikipediA, Dietrich Nikolaus Winkel:  
[en.wikipedia.org/wiki/Dietrich\\_Nikolaus\\_Winkel](http://en.wikipedia.org/wiki/Dietrich_Nikolaus_Winkel)
- WikipediA, Ernst Chladni: [en.wikipedia.org/wiki/Ernst\\_Chladni](http://en.wikipedia.org/wiki/Ernst_Chladni)
- WikipediA, Félix Savart: [it.wikipedia.org/wiki/Felix\\_Savart](http://it.wikipedia.org/wiki/Felix_Savart)
- WikipediA, Hermann von Helmholtz:  
[it.wikipedia.org/wiki/Hermann\\_von\\_Helmholtz](http://it.wikipedia.org/wiki/Hermann_von_Helmholtz)
- WikipediA, Johann Nepomuk Maelzel:  
[en.wikipedia.org/wiki/Johann\\_Nepomuk\\_Maelzel](http://en.wikipedia.org/wiki/Johann_Nepomuk_Maelzel)
- WikipediA, John Shore: [en.wikipedia.org/wiki/John\\_Shore\\_\(trumpeter\)](http://en.wikipedia.org/wiki/John_Shore_(trumpeter))
- WikipediA, Joseph Henry: [it.wikipedia.org/wiki/Joseph\\_Henry](http://it.wikipedia.org/wiki/Joseph_Henry)
- WikipediA, Joseph Plateau: [it.wikipedia.org/wiki/Joseph\\_Plateau](http://it.wikipedia.org/wiki/Joseph_Plateau)
- WikipediA, Louis-Joseph Deleuil: [fr.wikipedia.org/wiki/Louis-Joseph\\_Deleuil](http://fr.wikipedia.org/wiki/Louis-Joseph_Deleuil)
- WikipediA, My Fair Lady (film): [it.wikipedia.org/wiki/My\\_Fair\\_Lady\\_\(film\)](http://it.wikipedia.org/wiki/My_Fair_Lady_(film))
- WikipediA, Sirena di Cagniard de Latour:  
[it.wikipedia.org/wiki/Sirena\\_di\\_Cagniard\\_de\\_Latour](http://it.wikipedia.org/wiki/Sirena_di_Cagniard_de_Latour)
- WikipediA, Tuning fork: [en.wikipedia.org/wiki/Tuning\\_fork](http://en.wikipedia.org/wiki/Tuning_fork)
- YouTube, Battimenti: [youtu.be/i7gcaDXdr94](http://youtu.be/i7gcaDXdr94)
- YouTube, Canale della Fondazione Scienza e Tecnica di Firenze:  
[www.youtube.com/user/florencefst](http://www.youtube.com/user/florencefst)
- YouTube, Come nasce un organo: [youtu.be/WSFtOuhfo8Q](http://youtu.be/WSFtOuhfo8Q)
- YouTube, Disk Siren: [youtu.be/9OHfQLtMWWc](http://youtu.be/9OHfQLtMWWc)

- YouTube, Helmholtz Resonator: [youtu.be/A9XLNH8FPd0](https://youtu.be/A9XLNH8FPd0)
- YouTube, How It's Made Disc Music Boxes: [youtu.be/4mjAA6X4CcM](https://youtu.be/4mjAA6X4CcM)
- YouTube, Kundt's tube resonance: [youtu.be/qUiB\\_zd9M0k](https://youtu.be/qUiB_zd9M0k)
- YouTube, L'arte di domare l'aria: [youtu.be/JgCQeF\\_DM4](https://youtu.be/JgCQeF_DM4)
- YouTube, La costruzione dell'ancia per oboe: [youtu.be/LMSwq\\_neKEQ](https://youtu.be/LMSwq_neKEQ)
- YouTube, La propagazione del suono: [youtu.be/6ux9iLH6\\_v4](https://youtu.be/6ux9iLH6_v4)
- YouTube, Manometric capsule, resonance, Koenig sound analyser: [youtu.be/OHdL-65dkkY](https://youtu.be/OHdL-65dkkY)
- YouTube, Metronome Synchronization: [youtu.be/yysnkY4WHyM](https://youtu.be/yysnkY4WHyM)
- YouTube, Recording the vibrations of tuning forks: [youtu.be/o7A4jyFG7hE](https://youtu.be/o7A4jyFG7hE)
- YouTube, Savart's Bell and Resonator: [youtu.be/Vj-s0IjxKzQ](https://youtu.be/Vj-s0IjxKzQ)
- YouTube, Sirena de Cagniard La Tour: [youtu.be/WPKhiv-j2Mo](https://youtu.be/WPKhiv-j2Mo)
- YouTube, The bell jar experiment: [youtu.be/hIOqX4uJtYY](https://youtu.be/hIOqX4uJtYY)
- YouTube, Vibrations of plates, Chladni's figures: [youtu.be/MoxpydPeGYY](https://youtu.be/MoxpydPeGYY)

# Indice analitico

- Acustica, 1, 51
  - strumenti di, 1, 2, 51
- Amari, 55
- Analizzatore armonico, 53
- Ancia, 13, 16
  - doppia, 17
  - libera, 17
  - semplice, 17
- Apparato stroboscopico, 42
- Archita, 65
- Bach, 65
- Battimenti, 13
- Blaserna, iii, 2, 55, 61, 63, 65
  - catalogo, 61
  - registro, 63
- Boito, 65
- Cagniard de La Tour, 36
  - sirena di, 36
- Camera a ionizzazione, 2
- Campana, 7
- Campana a vuoto, 27
- Campanello elettrico, 26
- Canna, 12, 14
  - a bocca, 12
  - piramidale, 14
- Capsula manometrica, 20, 52
- Carillon a disco, 48
- Caruso, 2
  - rifrattometro di, 2
- Cassa armonica, 28, 30
- Chladni, 10, 29, 31, 51, 52
  - tavola di, 10, 52
- Cilindro impiombato, 1
- Conservazione, 67
- Corista, 31, 65
  - normale, 31, 65
  - uniforme, 65
- Cukor, 23
- Deleuil, 24
- Diapason, 8, 30, 32
  - cronografico, 8
  - supporto per, 32
- DiFC, iii, 1
- Disco puntinato, 48, 53
- Doppio cono, 1
- Drechsler, 2
- Eurly, 45
- Fiamma manometrica, 52
- Fourier, 35
- Hawksbee, 52
- Helmholtz, 34, 35, 51, 53
  - risonatori di, 34, 53
- Henry, 27
- Hertz, 55
- Intervallo musicale, 65

- Kircher, 52
- Koenig, iii, 6, 10, 12, 14, 20, 21, 28, 30, 32, 34, 38, 40, 51, 52
- Kohl, 8
- Kundt, 18, 19  
- tubo di, 18
- LA<sub>3</sub>, 65
- Lamine vibranti, 10
- Lissajous, 32, 52  
- figure di, 32, 52
- Loulié, 46
- Macaluso, 3
- Maelzel, 45  
- metronomo di, 45
- Marelli, 42
- Mercadier, 9
- Metronomo, 45
- My Fair Lady, 23
- Notazioni musicali, 65
- Note musicali, 65
- Organo a canne, 12
- Pallone per il suono, 24
- Perrier, 2
- Pivetta, 13, 16
- Plateau, 43
- Polifono (Polyphon), 48, 53
- Ragona, 2
- Ramsden, 2
- Rayleigh, 51
- Restauro, 67
- Savart, 6, 28, 29, 51  
- timbri di, 6
- Scala musicale, 49, 51  
- naturale, 65, 66  
- temperata, 65, 66
- Scinà, 1
- Scuola pitagorica, 51
- Secretan, 36
- Seebeck, 38, 40  
- dischi della sirena di, 40  
- sirena di, 38, 40
- Segrè, 2
- Sfera armillare, 2
- Shore, 31
- SiMuA, 1
- Sirena, 36, 38, 52
- Specchi rotanti, 53
- Suono, 19, 24  
- propagazione del, 24, 27, 52  
- velocità del, 19
- Tecneto, 2
- Tolomeo, 65
- Tyndall, 51
- von Guericke, 52
- Werckmeister, 65
- Winkel, 46
- Zarlino, 65

# Ringraziamenti

*Si ringraziano per la proficua collaborazione i colleghi Roberto Zingales ed Emilio Fiordilino, gli insegnanti Giulia Cordone, Salvo Licata e Donatella Capotummino. Per il supporto tecnico, si ringraziano Francesca Taormina, Filippo Mirabello, Vitalba Pace, Giacomo Tricomi, Gianluca Napoli, Marcello Mirabello, Pietro Bisconti, Bartolo Romano, Casimiro Caruso, Antonella Tarantino e Natale Surano. Si ringraziano inoltre gli studenti che hanno collaborato nella stesura di alcune schede catalografiche e il Sistema Museale dell'Università di Palermo per il supporto finanziario.*



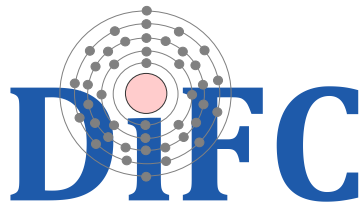
*Aurelio Agliolo Gallitto* è professore associato di Fisica Sperimentale presso l'Università degli Studi di Palermo. Attualmente è titolare del primo modulo dell'Insegnamento di Laboratorio di Fisica per il Corso di Laurea in Scienze Fisiche e del I modulo dell'Insegnamento di Fisica e Chimica Fisica per il Corso di Laurea in Scienze Biologiche. Dal 2013 è responsabile scientifico della Collezione Storica degli Strumenti di Fisica del Sistema Museale di Ateneo.

*Ileana Chinnici* è ricercatrice astronoma presso l'INAF-Osservatorio Astronomico di Palermo. Dal 1996 al 2004 è stata curatrice del Museo della Specola e nel 1997 ha pubblicato con Giorgia Foderà il Catalogo della collezione degli strumenti dell'Osservatorio Astronomico di Palermo. Si occupa principalmente di ricerche nel campo della storia dell'astronomia del XIX secolo.

*Fulvia Bartolone* è restauratore dei Beni Culturali, laureata in Conservazione e Restauro dei BB.CC. presso l'Università degli Studi di Palermo nel 2009 e specializzata nel settore Dipinti e Sculture Policrome dal 2013. Attualmente lavora presso il Laboratorio di Restauro del Sistema Museale di Ateneo dell'Università degli Studi di Palermo.



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PALERMO



SISTEMA  
MUSEALE  
DI ATENEO

ISBN 978-88-941245-2-1



9 788894 124521 >

