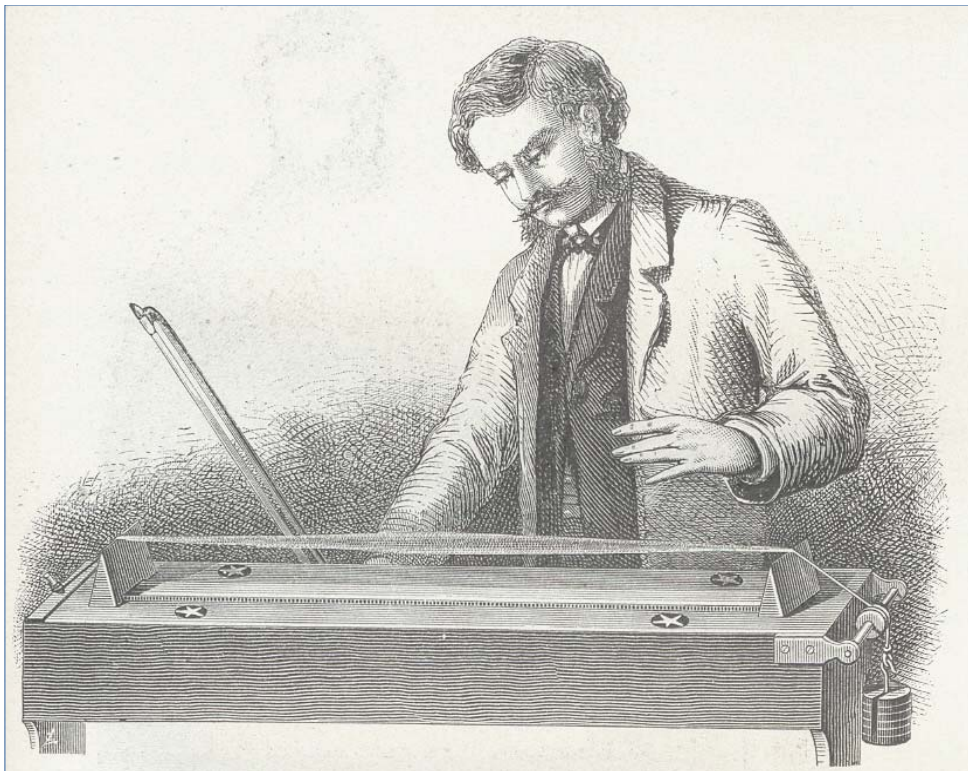


4



Generación de ondas sonoras mediante un timbre sonoro



Generación de ondas sonoras mediante una cuerda

A
C
Ú
S
T
I
C
A

ACÚSTICA

La **Acústica** es la parte de la física que estudia el origen, la propagación y las propiedades del sonido y sus aplicaciones.

El **Sonido** es el resultado de las vibraciones periódicas de un cuerpo con una frecuencia de 16 a 20.000 Hz, y el oído humano, órgano receptor, está capacitado para distinguir entre varios sonidos dentro de determinados límites. Para la producción de un sonido no es suficiente disponer de un cuerpo que vibre, denominado emisor sonoro, foco sonoro o fuente sonora, sino que es necesaria la presencia de un medio material en el cual pueda propagarse y que además debe poseer determinadas características.

El sonido está constituido por ondas que se propagan desde el emisor al receptor, y las ondas sonoras, al contrario que las luminosas, no pueden propagarse sin materia, o sea en el vacío.

Se denomina generalmente *ruido*, cuando la sensación resulta confusa por la superposición de sonidos discordantes, y también si es discontinua o desagradable por la falta de regularidad de las vibraciones o su escasa o su excesiva velocidad. La diferencia entre sonido y ruido es arbitraria; depende de la sensibilidad del oído, de su educación y aún de los hábitos y estado de ánimo de cada individuo.

Los sonidos se dividen en *sencillos o musicales* y en sonidos *compuestos*. Se tiene un sonido sencillo o musical, que también puede llamarse *puro*, cuando el cuerpo sonoro ejecuta un movimiento vibratorio rigurosamente armónico. Los sonidos sencillos no se diferencian unos de otros más que por su *intensidad*, por su *altura* y por su *timbre*.

La intensidad de un sonido sencillo se mide por la energía del movimiento vibratorio, la cual es *proporcional al cuadrado de la amplitud*. Más exactamente *la intensidad de un sonido de altura dada, es proporcional a su velocidad, a la densidad del medio y al cuadrado de la amplitud*.

La altura de un sonido o tono depende del número de vibraciones, es decir, de la frecuencia. Da origen a la clasificación en graves y agudos (bajos o altos). Se dice que el sonido o su tono es *grave*, o *bajo*, cuando ese número de vibraciones es pequeño, y *alto*, o *agudo*, si ese número es grande. Se llama *tono normal* cuando un sonido tiene *435 vibraciones completas por segundo*. El oído humano no es capaz de captar sonidos de cualquier frecuencia; los límites inferior y superior son aproximadamente de 16 y 20.000 Hz respectivamente.

El *timbre de un sonido* nos permite distinguir, entre dos sonidos de igual intensidad y altura, cuál es la fuente de cada uno. Por ejemplo: una misma nota originada en una flauta o en una guitarra. Esto se debe a que cada sonido fundamental, o de mayor intensidad, está siempre acompañado de otros cuya frecuencia es múltiplo de la correspondiente al principal, los cuales son llamados *armónicos* del primero. La cantidad e intensidad de éstos da el timbre característico.

VIBRACIONES SONORAS

Numerosos experimentos muestran el movimiento vibratorio de los cuerpos sonoros, simultáneo con el sonido; por ejemplo: la cuerda de una guitarra que ha sido pulsada con fuerza aparece a la vista convertida en huso, que se va estrechando a medida que el sonido se debilita, y recobra su aspecto y su estado de equilibrio cuando dicho sonido cesa. Si se hace sonar una cuerda o varilla sujeta por sus extremos y colocada horizontalmente, y se montan sobre ella pequeñas horquillas de papel, se las ve saltar más o menos violentamente, según su distancia a los nodos estacionales, producidas entre los puntos de apoyo; experimento que permite fijar la posición de éstos y medir la longitud de onda.

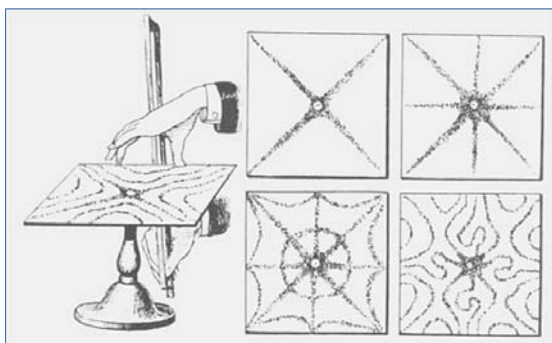
TIMBRE SONORO



Nº inv.: 04 / 118
Fecha: 1900
Fabricante desconocido
Madera, latón y crin de caballo
 $\Phi = 8 \text{ cm}$ $h = 10 \text{ cm}$
Arco de violín: 60 x 5 x 1 cm

Este instrumento tan sencillo se suele utilizar para producir sonidos de una frecuencia determinada. El borde de la cazoleta se frota con un arco de violín o se golpea con un martillo especial. Se pueden conservar las vibraciones colocando en el interior una bolita metálica que dará pequeños botecitos cuando éste resuene.

PLACAS VIBRANTES DE CHLADNI



Haciendo sonar una placa metálica, sujeta por uno o varios puntos, espolvoreándola con arena fina, se ve a ésta saltar y agruparse formando líneas de sentidos diversos. El número de vibraciones depende de sus dimensiones y del espesor de las láminas. Las placas pueden vibrar de muchos modos; pero en todos los casos resultan vibraciones, que al propagarse dan origen a los *nodos* y a los *vientres* (espacios libres entre dos nodos consecutivos).

Según que las placas sean de una u otra forma y se sujeten por su centro o bordes de distintas maneras, se obtiene distintas figuras nodales.



N inv.: 04 / 119
Fecha: 1865
Fabricante desconocido
Nº inv.: 04 / 119 Metal
30 x 30 x 13 cm



N inv.: 04 / 120
Fecha: 1865
Fabricante desconocido
Metal
45 x 22 x 37 cm

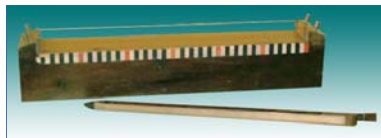
SONÓMETRO

Dos clases de vibraciones pueden producirse en las cuerdas: transversales y longitudinales; las primeras son las que se efectúan en dirección perpendicular a la de propagación de la onda; las segundas se propagan en la dirección en que se han producido.

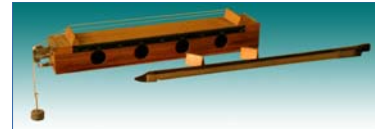
Para estudiar las vibraciones en las cuerdas se utilizan unos aparatos llamados **sonómetros**. Consiste en una caja larga de madera. Sobre ella, se coloca una cuerda, horizontal, fija por un extremo. En el otro extremo de la cuerda se coloca un peso, que determina una tensión. bajo la cuerda puede moverse un prisma triangular, que se llama caballete, que le da otro punto de apoyo y divide a la cuerda en dos partes que se pueden hacer sonar separadamente. Moviendo el prisma, se puede modificar la longitud de los segmentos de la cuerda.



Nº inv.: 04 / 121
Fecha: 1865
Fabricante: Rudolph Koenig
Madera, latón y crin de caballo
140 x 14 x 25 cm
Arco de violín: 70 x 5 x 1 cm



Nº inv.: 04 / 122
Fecha desconocida
Fabricante: Sogeresá
Madera, latón y crin de caballo
54 x 9 x 10 cm
Arco de violín: 70 x 5 x 1 cm



Nº inv.: 04 / 123
Fecha desconocida
Fabricante desconocido
Madera, latón y crin de caballo
68 x 11 x 14 cm
Arco de violín: 60 x 5 x 1 cm

Haciendo vibrar la cuerda con un arco de violín, vibrará emitiendo el sonido fundamental. Desplazando el puente móvil, se obtendrán diferentes notas. Si variamos la longitud de la cuerda, la tensión a la que está sometida, el grosor, veremos como cambia la frecuencia de vibración. Si queremos ver los nodos y vientres que se producen, lo podemos conseguir colocando papelillos doblados sobre las cuerdas. Los que están situados sobre los nodos, no vibran; si lo hacen los situados sobre los vientres.

De aquí se puede deducir las siguientes *leyes correspondientes a las vibraciones transversales de las cuerdas*:

1ª En cuerdas del mismo material, misma sección y misma tensión en sus extremos, *el número de vibraciones, en el mismo tiempo, está en razón inversa de su longitud.*

2ª En cuerdas del mismo material, longitud y tensión, de diámetros distintos, *el número de vibraciones, en un mismo tiempo, están en razón inversa de sus diámetros.*

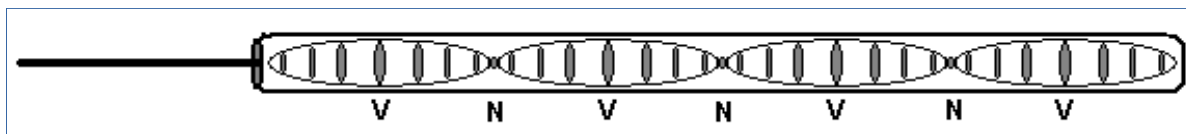
3ª En cuerdas de igual longitud, diámetro y tensión, de materiales distintos, *el número de vibraciones, en un mismo tiempo, están en razón inversa de las raíces cuadradas de sus densidades.*

4ª En cuerdas iguales, *el número de vibraciones, en un mismo tiempo, están en razón directa de las tensiones que sufren.*

TUBO DE KUNDT

Hay diversos procedimientos para demostrar que en una columna de aire que produce sonido, existen vibraciones con sus vientres y sus nodos. Uno de ellos, de múltiple utilidad, es el de las figuras de polvo de Kundt (1865), que consiste en hacer vibrar el aire en un tubo que se cierra en uno de sus

extremos por medio de un tapón corredizo y dentro del cual se ha puesto a todo lo largo una delgada capa de serrín de corcho u otro polvo de otro material. Para hacer vibrar el aire se introduce por el extremo abierto del tubo una varilla de vidrio, metal o madera, que se frota con un paño en su extremo libre, para que se produzcan en ellas vibraciones longitudinales. Esta varilla tiene, en el extremo que penetra en el tubo, un



disco de corcho, de un diámetro poco menor que el del tubo. Las vibraciones de la varilla provocan la formación de otras vibraciones iguales en el aire del tubo y dentro de éste el serrín se agita en los puntos correspondientes a los vientos y permanece inmóvil en los correspondientes a los nodos.

Aparte de la claridad con que se hace visible la formación de las ondas en el aire, el método de Kundt tiene la gran importancia de que permite la medición directa de la longitud de las ondas, y con ello la determinación de importantes valores.

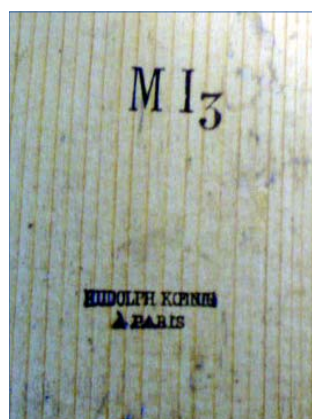


Fecha desconocida
Fabricante desconocido
Metal y vidrio
 $\Phi = 7 \text{ cm}$ $h = 90 \text{ cm}$

DIAPASONES CON CAJA DE RESONANCIA Y MARTILLO

Los diapasones son instrumentos que vienen empleándose desde el siglo XVIII para afinar instrumentos musicales o dar el tono a los cantantes. La forma del diapasón que hoy se usa fue inventada en 1711 por *John Shore*, jefe de trompetas al servicio del rey Jorge I de Inglaterra. Están constituidos por una barra de acero, prismática, doblada en forma de *U* y prolongada, por la parte curva, en un mango o espiga que sirve para sostenerlo en la mano o en un soporte, dejando las ramas libres para vibrar. A menudo se estrecha algo hacia la abertura.

Para hacerlo sonar basta dar un golpe seco a una de las ramas con un pequeño mazo de madera. Su sonido es muy débil, pero se le refuerza colocando el instrumento sobre una caja de resonancia u otro objeto que posea un hueco o cavidad adecuada. *El número de sus vibraciones está en razón inversa del cuadrado de sus longitudes, es proporcional al espesor e independiente de la anchura.* Se construyen diapasones apropiados para producir un sonido de determinado tono.



Nº



inv.: 04 / 125
Número de ejemplares: 12
Fecha: 1860
Fabricante: Rudolph Koenig (París)
Metal y madera
Diferentes medidas
Martillo de metal y goma

Se denominan *notas musicales* una serie de sonidos elegidos desde tiempos muy remotos, por razones de las impresiones auditivas que producen su sucesión o simultaneidad, para su combinación en las composiciones musicales. Las notas se distinguen con los nombres siguientes:

Ut ó Do, re, mi, fa, sol, la, si

Las seis primeras fueron introducidas por *Guy d'Arezzo* en 1026, tomándolas de las primera sílabas con que empiezan varias palabras del himno de San Juan en su primera estrofa:

*“Ut queant laxi, resonare fibris
Mira gestorum famuli tuorum,
Solve polluti, labii reatum,
Sancte Joannes.”*

La nota *si* (iniciales de San Juan) fue añadida por *Le Maire* en 1684.

Para cambiar el número de vibraciones se sujetan masas a las ramas, las cuales pueden correrse a lo largo de las mismas, o hacerlos huecos y verter mercurio en su interior en diferentes cantidades con lo cual varía el tono.



*Nº inv.: 04 / 126
Número de ejemplares: 2
Fecha desconocida
Fabricante desconocido
Metal y madera
18 x 9 x 5,3 cm*

DIAPASONES CRONOGRÁFICOS

Este tipo de diapasones se utilizan para obtener gráficamente las vibraciones producidas.

En el extremo de una de sus ramas llevan adosados un puntero. Se hacen vibrar y van dejando una marca sobre una superficie ennegrecida con humo. De esta manera se podrán estudiar detenidamente las vibraciones producidas en un espacio de tiempo determinado, o bien comparalas con las de otro diapasón de frecuencia conocida.



*Nº inv.: 04 / 127
Número de ejemplares: 2
Fecha desconocida
Fabricante: Sogeresa
Metal
5 x 8 x 15 cm*

Si hacemos que la superficie sobre la que se desliza el puntero está a su vez oscilando, obtendremos la composición de los dos movimientos.

DIAPASÓN EXCITADO ELÉCTRICAMENTE

Este tipo de diapasones comenzaron a utilizarse a mediados del siglo XIX. La ventaja que presentan estos con lo normales es que las vibraciones pueden mantenerse de forma continuada.

Mediante un electroimán, los bordes de las ramas del diapasón son atraídos, haciendo que una lámina de cobre que hay en una de ellas deje de hacer contacto. Entonces el circuito queda abierto y cesa la atracción, volviendo la lámina de cobre a hacer contacto. Las sucesivas interrupciones de la atracción del electroimán hacen que el diapasón vibre de forma continua con una frecuencia determinada.

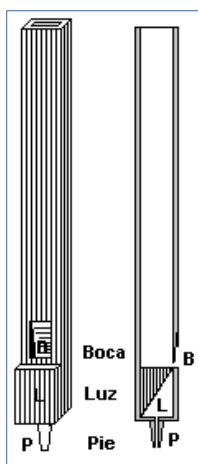


Nº inv.: 04 / 128
Fecha: 1875
Fabricante: Breton Fres. (París)
Madera y latón
28 x 15 x 15 cm

TUBOS SONOROS

Podemos decir que un **tubo sonoro** es toda masa de gas limitada, encerrada entre paredes sólidas, que es susceptible de vibrar longitudinalmente.

Su movimiento vibratorio se propaga al exterior, si las paredes de la caja o tubo tienen algunas aberturas. La rapidez de las vibraciones depende de la naturaleza del gas, y de las dimensiones y forma del tubo que le contiene. Se usan cilíndricos, prismáticos, cónicos, etc.



Para producir las vibraciones en los tubos, hay dos formas: *la embocadura de flauta y la embocadura de lengüeta*.

La embocadura de flauta es parecida a la de los silbatos ordinarios: termina el tubo, por un extremo, en otro, corto y pequeño, llamado *pie*, que se ajusta al orificio correspondiente de la cámara de aire; la corriente de éste va desde el pie a una hendidura (*luz*) o canal estrecho, adquiriendo más velocidad, y sale chocando contra un borde biselado, llamado *labio superior de la boca*.

La embocadura de lengüeta consiste en utilizar la elasticidad de una laminita metálica (*lengüeta*) situada junto al orificio de entrada del aire, de manera que la presión de éste la deforme, obligándola a abrir o cerrar el orificio momentáneamente, y la reacción elástica restablezca la primitiva posición, reproduciéndose indefinidamente y con regularidad y rapidez la compresión y dilatación del aire que tal intermitencia origina.

Las vibraciones de los tubos sonoros son longitudinales, puesto que sólo pueden producirse por la propagación de la compresión y dilatación de uno a otro de sus extremos, y aunque sean más o menos anchos, su longitud se considera en el sentido de dicha propagación. El estudio de estas leyes fue realizado por *Bernouilli*.

Los tubos sonoros pueden estar *abiertos o cerrados* por el extremo opuesto a la embocadura. Las leyes de las vibraciones longitudinales más importantes que les son aplicables son:

1ª *En tubos abiertos y cerrados, el número de vibraciones por segundo de una nota fundamental está en razón inversa de su longitud.*

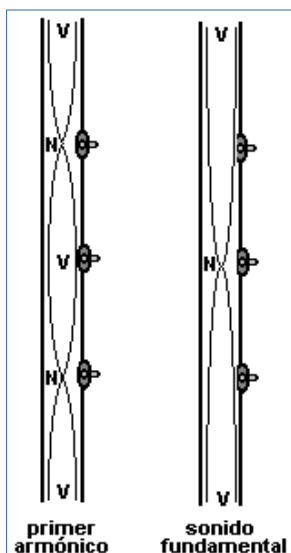
2ª *Un tubo cerrado produce igual nota fundamental que otro abierto de igual sección y doble longitud.*

3ª *Los números de vibraciones de los armónicos que puede dar un tubo, crecen proporcionalmente a la serie de los números naturales (o de los pares), si es abierto, y a la de los impares, si es cerrado.*



Nº inv.: 04 / 129
Número de ejemplares: 3
Fecha: 1875
Fabricante: Rudolph Koenig (Paris)
Madera
2 tubos de 60,5 x 6,5 x 8 cm
1 tubo de 46,5 x 6 x 7 cm

Uno de los métodos que se utiliza para ver la disposición de nodos y vientres correspondientes es el procedimiento llamado de las **llamas manométricas**, ideado por *Rudolph Koenig* en 1865.



Nº inv.: 04 / 130
Fecha: 1875
Fabricante: Breton Fres.
Madera, latón y vidrio
28 x 15 x 15 cm

En un tubo abierto se produce el primer armónico. En ese estado se forma un vientre en el centro del tubo y dos nodos en la cuarta en la cuarta parte superior e inferior. En esos tres puntos se ha hecho un orificio para colocar una *cápsula manométrica*; esto es, un mecherito alimentado por gas, separado del aire del tubo por sólo una ligera membrana vertical. Haciendo sonar el tubo, se nota que las llamas de los nodos, se agitan vivamente por efecto de las condensaciones y dilataciones sucesivas del aire interior en el nodo, las cuales hacen vibrar la membrana de la cápsula, y por consiguiente el gas de la llama, mientras que la del centro permanece casi inmóvil, porque el aire del vientre no hace más que resbalar a lo largo de la membrana.

Produciendo el sonido fundamental, se forma un nodo en el centro, y entonces se agita la llama intermedia y las otras apenas se mueven.

SIRENA DE SEEBECK

La sirena es un generador acústico que está formado por un disco de metal sobre el que se han practicado agujeros equidistantes a lo largo de una circunferencia. Si se dirige un chorro de aire comprimido sobre el disco mientras está en rotación uniforme, el chorro sufre interrupciones que corresponden a los trazos más compactos del disco y fuera de éste se genera una sucesión de simples impulsos que producen una vibración sonora.

También, al incrementar la velocidad angular del disco aumentará la frecuencia de los impulsos del aire, y por ello la frecuencia del sonido será cada vez más aguda. Este efecto se puede comprobar cuando suena la sirena de una fábrica: al principio el sonido es grave, progresivamente se vuelve agudo y, cuando el disco se para, se torna grave hasta desaparecer.

La sirena inventada por el alemán *Louis Friedrich W.A. Seebeck*, a mediados del siglo XIX. El nombre de *sirena* procede de poder emitir sonidos dentro del agua por la presión de una corriente de ésta.



Nº inv.: 04 / 131
Fecha desconocida
Fabricante desconocido
Disco de latón agujereado
 $\Phi = 15 \text{ cm}$

Soporte de hierro
 $70 \times 30 \times 15 \text{ cm}$

DOBLE SIRENA DE HELMHOLTZ

Las sirenas son aparatos, análogos a las turbinas, en los cuales la misma corriente de aire o fluido cualquiera cierra automáticamente los orificios de salida y los vuelve a abrir merced al movimiento de la rueda, cuya velocidad varía con la presión; graduando ésta, se puede modificar el tono del sonido producido por las vibraciones que resultan de dicha salida intermitente y regular.

La **doble sirena de Helmholtz**, fue una modificación de la de *Dove*, fue ideada para estudiar

los sonidos simples y compuestos. Permite además obtener diferentes combinaciones de dos sonidos con acordes exactos. Por un tubo entra aire procedente de un fuelle, y termina en una caja cilíndrica que contiene dos discos, giran con velocidad variable. Los discos van provistos de orificios. El sonido se produce cuando dichos orificios interrumpen intermitentemente la salida de la corriente de aire. La frecuencia del sonido producido por estas vibraciones dependerá del número de orificios y de la velocidad de giro del disco, que se puede medir mediante un cuentavueltas que lleva adosado el aparato. Mediante una manivela que lleva en la parte superior, se puede modificar la posición del cilindro superior respecto del inferior y así obtenemos un cierto desfase entre ellos.



Nº inv.: 04 / 132
Fecha: 1873
Fabricante: Rudolph Koenig (París)
Madera, hierro, latón, porcelana y goma
45 x 24 x 48 cm

RESONADORES

Los **resonadores** son unos aparatos cuyo principal uso es el análisis de los sonidos. Fueron ideados por *Helmholtz* a mediados del siglo XIX. Se fundan en la vibración por influencia, es decir, en el fenómeno de la *resonancia*.

Un cuerpo empieza a resonar, cuando llega hasta él una onda sonora, cuyo número de vibraciones difiere poco del número propio de éste cuerpo.. Por eso se colocan los diapasones sobre una caja de resonancia, que representa en realidad un tubo cerrado cuya longitud es igual al cuarto de la longitud de onda del sonido del diapason. Cuando el diapason suena, la caja se pone también a resonar, reforzando el sonido.

Un **resonador de Helmholtz** está formado por una esfera hueca, de latón. En los puntos opuestos de un diámetro lleva dos aberturas, cónica una y cilíndrica la otra. La parte cilíndrica (corta y ancha) se queda en comunicación con el aire (*boca* del resonador). La parte cónica y afilada se aplica al oído. Cuando llegan a la boca del resonador diversas ondas sonoras, si entre ellas existen las correspondientes a su sonido propio, percibiremos éste; pero en caso contrario, seguirá silencioso.

Mediante éste instrumento *Helmholtz* comprobó su teoría de la resonancia en la audición y analizó los sonidos de las vocales en el habla humana. Combinando los resonadores y las llamas manométricas, encargó a Rudolph Koenig la construcción de un aparato, conocido con el nombre de *resonador universal*.



Nº inv.: 04 / 133
Fecha: 1865 Fabricante: Rudolph Koenig (París)
Latón
 $\Phi = 10 \text{ cm}$ $h = 13 \text{ cm}$

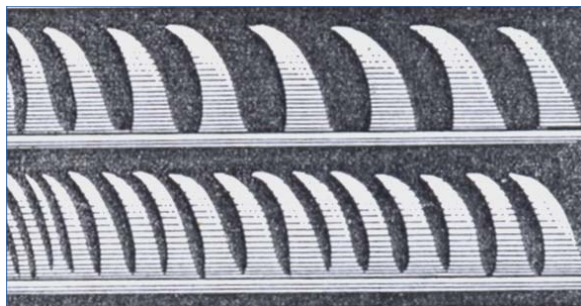
ANALIZADOR DE SONIDOS DE KOENIG

Un sonido complejo puede ser de tal naturaleza, que aún el oído más delicado no pueda distinguir nada más que algunos de los sonidos parciales que lo constituyen. El análisis tiene por objeto descubrir todos los sonidos del conjunto. Se puede construir una serie de resonadores que respondan a sonidos distintos, de modo que la presencia de éstos en un sonido compuesto quede descubierta. Basta para esto aplicar al oído sucesivamente todos los resonadores y observar cuales son los que refuerzan algún sonido.

Para demostrar objetivamente las partes que constituyen un sonido compuesto, se utiliza el **analizador de Koenig**. Se compone de varios resonadores, unidos cada uno de ellos mediante gomas a cápsulas manométricas a sus respectivos mecheros de gas. Las vibraciones de las llamas se descubren en un espejo prismático rotatorio. En el espejo se ven tantas bandas brillantes como resonadores hay: pero cuando en las cercanías del aparato se produce un sonido complejo, algunas de las bandas se transforman en series de lenguas dentadas que corresponden a los resonadores, cuyos sonidos propios están contenidos en el sonido analizado.



Nº inv.: 04 / 134
Fecha: 1864 - 1872
Fabricante: Rudolph Koenig (París)
Madera, hierro, latón, cristal y goma
74 x 33 x 90 cm



En la figura de la derecha aparecen dos series de lenguas, que indican la presencia de dos sonidos uno de los cuales es la octava alta de otro; el número de lenguas de la banda inferior es doble de la banda superior.

REFLEXIÓN DE LAS ONDAS SONORAS

El sonido, por tratarse de ondas, se puede reflejar, refractar, difractar, producir interferencias y demás fenómenos relacionados con las ondas.

Para observar la reflexión se utiliza en el laboratorio una pantalla parabólica metálica, de gran tamaño, colocada sobre un soporte adecuado. Se sitúa otra igual frente a ella, de modo que sus ejes principales coincidan, y colocando en el foco de una de ellas un objeto productor de sonido, podrá observarse que el sonido se percibe con mucha más fuerza, precisamente en el otro foco. Este tipo de pantallas se utiliza también para observar la propagación del calor.



Nº inv.: 03 / 112
Fecha: 1875
Fabricante desconocido
Madera y latón
 $\Phi = 50 \text{ cm}$ $h = 140 \text{ cm}$

INTERFERENCIAS DE LAS ONDAS SONORAS

Cuando dos ondas, de igual o diferente frecuencia, se encuentran en un mismo punto del espacio se produce el fenómeno conocido con el nombre de *interferencia*. Esa superposición de ondas, según cual sea el camino recorrido por cada una de ellas hasta llegar al punto de estudio, puede producir una intensificación del sonido, una debilitación e incluso su anulación.

Para observar este fenómeno, el físico alemán *Georg H. Quincke* en 1866 ideó un aparato que permite producir interferencias entre dos ondas, que provienen de un mismo foco sonoro y por tanto tiene la misma frecuencia, analizarlas y calcular su longitud de onda aunque sea con poca exactitud.

El instrumento de *Quincke* se compone de un tubo dividido en dos brazos en forma de U, uno de una longitud constante y el otro con un sistema que permite variar su longitud. El sonido emitido por un diapasón o por una membrana que vibra es reforzado por el resonador correspondiente, se envía a las dos ramas. En el otro extremo del tubo se coloca una cápsula manométrica, que pone en contacto el sonido resultante de la interferencia con la llama de un gas, que al arder señalará las variaciones en dicho sonido.

El sonido recorre por una rama una distancia determinada y, sin embargo, por la rama móvil recorre una distancia diferente, dando lugar a resultados también diferentes en su combinación. Según sean las distancias recorridas en cada rama, así serán las interferencias producidas, cumpliéndose las siguientes leyes:

1ª Si tenemos dos vibraciones idénticas, que interfieren, y la diferencia entre los caminos recorridos, es igual a un número impar de semilongitudes de onda se produce una anulación de la vibración resultante (un mínimo).

2ª Si tenemos dos vibraciones idénticas, que interfieren, y la diferencia entre los caminos recorridos, es igual a un número par de semilongitudes de onda se produce una amplitud máxima de la vibración resultante (un máximo).



*Nº inv.: 04 / 135
Fecha: 1890
Fabricante: Rudolph Koenig
Madera y metal
46 x 15 x 80 cm*



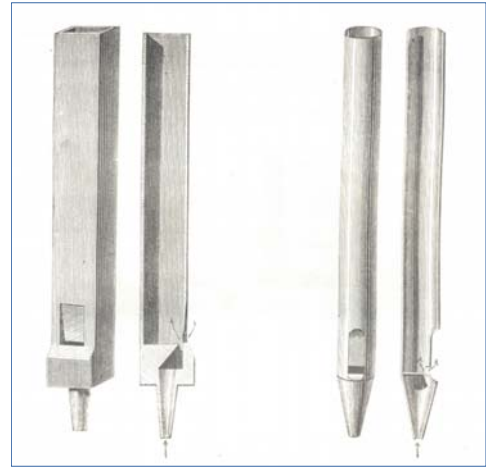
Arpa hebrea



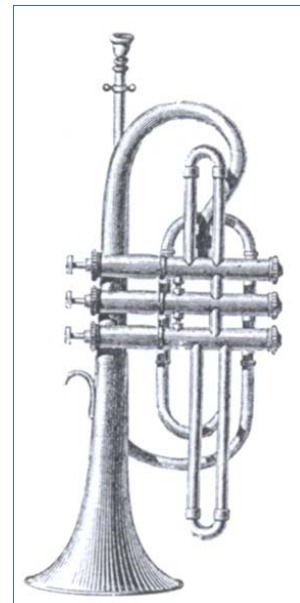
Lira



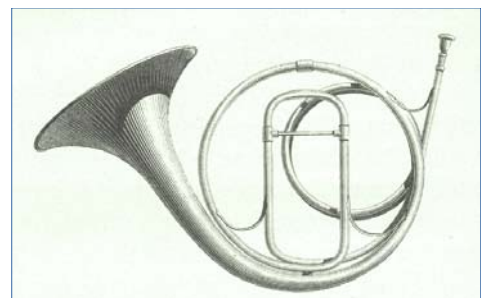
Instrumentos de cuerda: violín, viola, violoncello



Tubos sonoros



Trompeta



Trompa