

centro de conmoción; cuando llega á ponerse en contacto con una superficie reflectora forma lo que se llama *rayo incidente*, siendo el *rayo reflejado* la línea en cuya dirección vuelve á salir de esta superficie hacia el centro de donde emana. Los dos ángulos que los rayos incidente y reflejado forman con la perpendicular ó normal al punto de incidencia son los ángulos de incidencia y de reflexión.

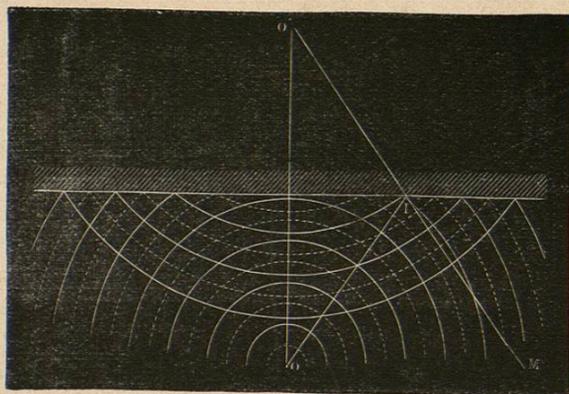


Fig. 254.—Ley de la reflexión de las ondas sonoras

Comprendidas bien estas definiciones, véase cómo se enuncian las dos leyes de la reflexión del sonido:

PRIMERA LEY.—*El rayo sonoro incidente y el reflejado se hallan en un mismo plano perpendicular á la superficie reflectora.*

SEGUNDA LEY.—*El ángulo de reflexión es igual al de incidencia.*

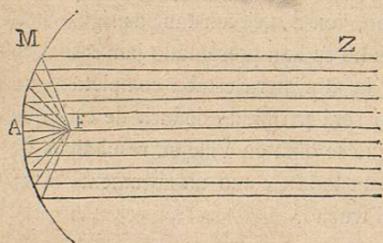


Fig. 255 — Parábola: reflexión en el foco de los rayos paralelos al eje

parten del foco y las paralelas al eje forman ángulos iguales con las perpendiculares á la parábola en los puntos M. Recíprocamente, si las paralelas al eje encuentran la parábola se reflejarán en el foco.

Pues bien, si se pone un reloj en el foco de uno de dichos espejos, las ondas sonoras producidas por el movimiento del volante saldrán paralelamente al eje, y después

dio diferente. Por ejemplo, siendo O (fig. 254) el foco sonoro, AB el plano en el cual van á reflejarse las ondas sonoras, y M un punto cualquiera en que se coloca el observador para recibir estas ondas reflejadas, se demuestra que todo resulta como si el foco estuviese en O', punto simétrico del punto O tras el plano; en una palabra, las ondas reflejadas tienen el punto O' por centro. Los rayos sonoros OI, O'I, perpendiculares á las ondas directas y de retroceso, son lo que se llama el *rayo incidente* y el *rayo reflejado* en el punto I del plano.

de chocar con la superficie cóncava del segundo espejo, irán á reflejarse en el foco de éste. El observador (fig. 256), provisto de un tubo con objeto de no interceptar las

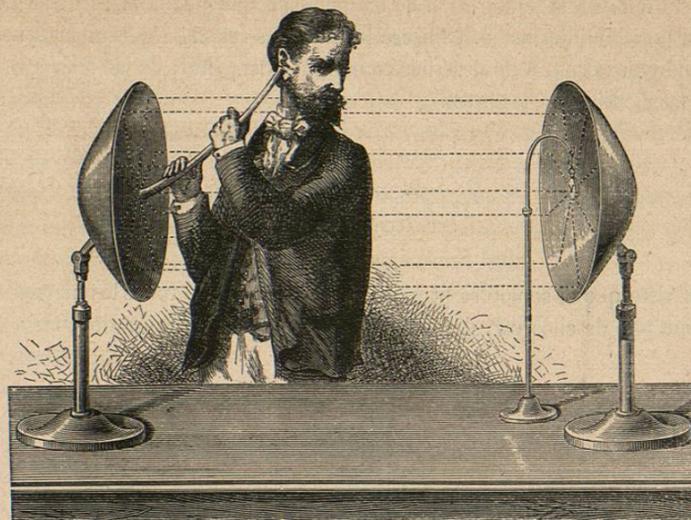


Fig. 256.—Comprobación práctica de las leyes de la reflexión del sonido

ondas, percibirá clara y distintamente el ruido del reloj si coloca el extremo del tubo en el fondo del segundo espejo; pero las personas que se sitúen en el espacio que me-

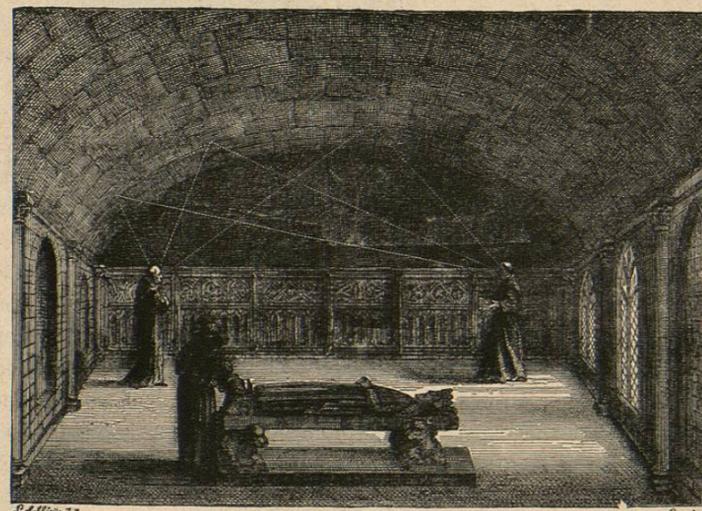


Fig. 257.—Reflexión del sonido en la superficie de una bóveda de forma elíptica

dia entre ambos espejos apenas percibirán el rumor del volante ó dejarán de oirlo en absoluto, aunque se coloquen á corta distancia del reloj.

La curva llamada *elipse* tiene dos focos, y los rayos emanados de uno se reflejan en el otro. Las salas que tienen la bóveda de forma elíptica deben presentar por consiguiente el mismo fenómeno que los dos espejos parabólicos, y así lo confirma efectiva-

mente la experiencia. En el Museo de antigüedades del Louvre hay una sala de esta clase en la que dos personas situadas en los dos extremos opuestos pueden hablar en voz baja, sin temor á la indiscreción de las personas que pudieran escucharlas colocadas en una posición intermedia. Utilízase la reflexión del sonido en muchos instrumentos que tendremos ocasión de describir cuando nos ocupemos de las aplicaciones de la acústica á las ciencias y á las artes.

## IV

## REFRACCIÓN DEL SONIDO

Hemos visto que el sonido se propaga por intermedio de todos los medios elásticos, pero en cada uno de ellos con desigualdad y con velocidades que dependen en cierto

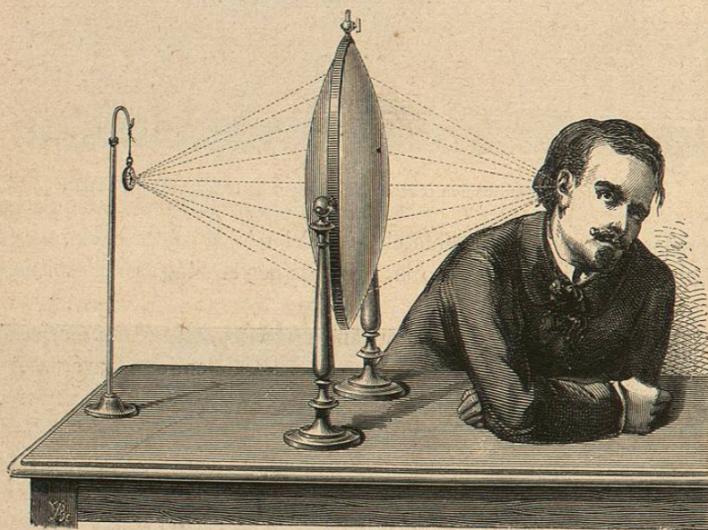


Fig. 258.—Refracción de las ondas sonoras. Lente de Sondhaus

modo de la densidad del medio atravesado. Cuando el sonido pasa de un medio á otro, como cambia su velocidad, resulta una desviación del rayo sonoro, la cual lo aproxima á la perpendicular á la superficie de separación de los dos medios, si la velocidad es menor en el segundo que en el primero. Como la luz experimenta una desviación parecida, comprobada por la experiencia mucho antes de conocer su verdadera explicación teórica, y como ha largo tiempo que se conoce este fenómeno con el nombre de *refracción*, se ha dado el de *refracción del sonido* á la desviación de los rayos sonoros. Véase cómo M. Sondhaus ha hecho patente esta desviación.

Con membranas de colodión hizo un saco de forma lenticular y lo llenó de gas ácido carbónico. La velocidad del sonido es en este gas menor que en el aire. Los rayos sonoros que van á dar en la superficie esférica de la lente se refractan al pasar al través del gas, y cuando salen por la superficie opuesta deben converger en un punto único ó foco. Y en efecto, si se pone un reloj, por ejemplo (fig. 258), en el eje de esta lente biconvexa, reconócese que en el eje y al otro lado hay un punto en que el ruido

del volante se oye distintamente y mucho mejor que en cualquiera otra parte; por consiguiente, hay convergencia de ondas sonoras hacia el punto del eje de la lente de que se trata, y por lo tanto refracción del sonido.

Llenando de gas hidrógeno una lente bicóncava se podría también comprobar el fenómeno de la refracción del sonido. Hemos visto que la velocidad de éste en el hidrógeno es mayor que en el aire; en su consecuencia, las superficies convexas de separación de los dos medios deben producir el mismo efecto en la dirección de los rayos sonoros y desviarlos como la lente bicóncava llena de gas ácido carbónico.

El físico M. Hajeck se ocupó de nuevo de la refracción de las ondas sonoras en 1857, sirviéndose al efecto de prismas llenos de gases y líquidos de diferentes densidades, y averiguó que la refracción del sonido sigue las mismas leyes que la de los rayos luminosos, y que el índice de refracción (ó relación entre los senos de los ángulos de incidencia y de refracción) es igual á la relación de las velocidades del sonido en los medios experimentados y en el aire.

## CAPÍTULO IV

## PROPIEDADES DISTINTIVAS DE LOS SONIDOS

## I

## CARACTERES PROPIOS DE LOS DIFERENTES SONIDOS

Cuando dos ó más sonidos llegan simultáneamente á nuestro oído, ó se suceden con intervalos bastante cortos para que podamos compararlos entre sí, advertimos en ellos diferencias ó semejanzas que se pueden referir á tres propiedades particulares: *intensidad*, *tono* y *timbre*.

Un sonido puede ser más ó menos fuerte, más ó menos intenso, es decir, puede conmover el órgano del oído con mayor ó menor energía. Unas veces la impresión es tan débil que necesitamos prestar particular atención para percibirla, y tan fuerte otras que nos causa una sensación dolorosa, y aun las detonaciones de las piezas de artillería suelen lastimar los órganos en términos de producir una sordera temporal. Entre ambos extremos de la intensidad de los sonidos y de los ruidos figuran todos los grados posibles de sensación auditiva.

Pero no por esto son idénticos dos sonidos de igual intensidad. El uno puede ser más *alto*, más *agudo* que el otro, ó si se quiere, el segundo nos parece más *bajo* ó más *grave*. La relación de gravedad ó agudeza de dos sonidos se llama *tono* ó *altura*. En música, la altura de los sonidos empleados y que por su sucesión ó simultaneidad componen la melodía y la armonía, está sujeta á reglas especiales cuyos principios expondremos más adelante. No todos los sonidos son adecuados á este modo de comparación que permite asignar su tono; y de aquí resulta esa distinción entre *ruido* y *sonido musical*, aplicándose la primera denominación á los sonidos cuyo tono no puede apreciar un oído ejercitado, y la segunda á todo sonido regular que forma un grado cualquiera en la serie indefinida de los sonidos empleados en música.

Por último, aun cuando dos sonidos sean de tono é intensidad iguales, pueden diferir también por otro concepto, cual es el de tener cada cual un *timbre* particular. La