

Velocidad del sonido en el aire

MEDICIÓN DE LOS TIEMPOS DE RECORRIDO DE IMPULSOS SONOROS EN UN TUBO DE KUNDT.

- Medición del tiempo de recorrido t de un impulso de sonido en el aire a temperatura ambiente en dependencia con la distancia s entre dos sondas de micrófono.
- Comprobación de la relación lineal entre s y t .
- Medición del tiempo de recorrido t de un impulso de sonido en dependencia con la temperatura T manteniendo fija la distancia entre dos sondas de micrófono.
- Determinación de la velocidad del sonido (velocidad de grupo) en dependencia con la temperatura.
- Comparación con el resultado obtenido por Laplace en su deducción.

UE1070310

06/16 UD

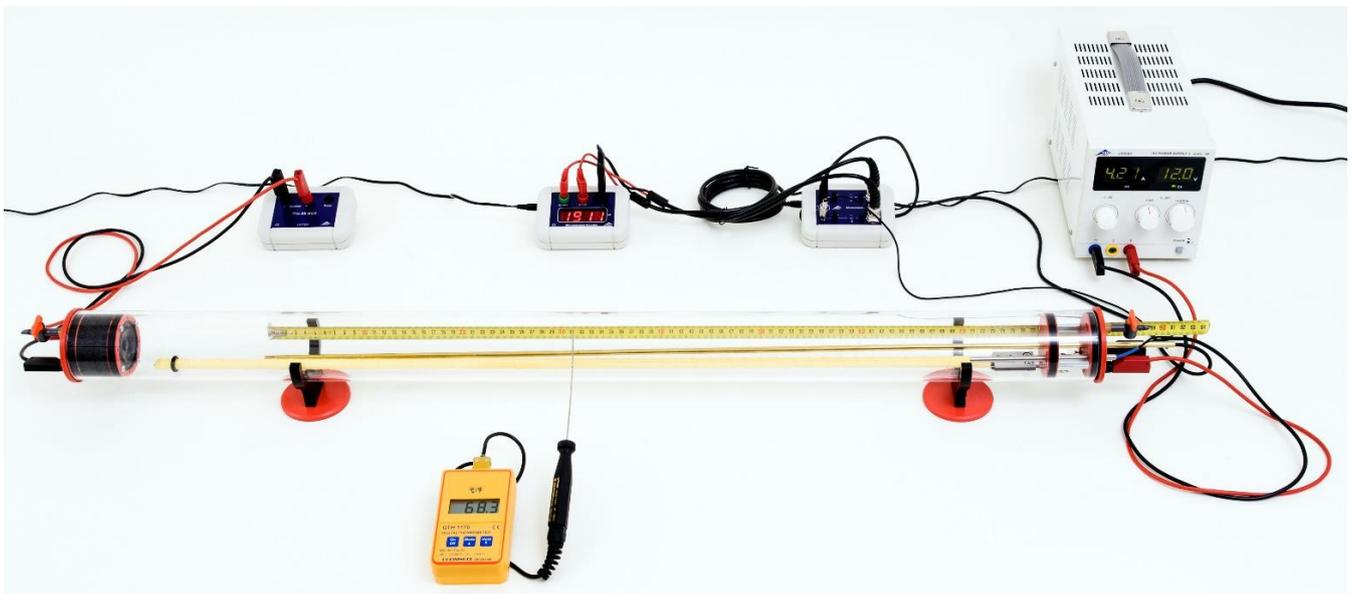


Fig. 1: Disposición de medición.

FUNDAMENTOS GENERALES

Las ondas sonora son ondas elásticas en medios deformables. Su velocidad de onda depende de las propiedades elásticas del medio en que se propagan. En gases simples se propagan únicamente como ondas longitudinales, la velocidad de grupo concuerda con la velocidad de fase.

En una deducción realizada por Laplace, las ondas sonoras se consideran como variaciones de presión adiabáticas resp. de densidad. Para la velocidad del sonido se obtiene la relación

$$(1) \quad c = \sqrt{\frac{C_p}{C_v} \cdot \frac{p}{\rho}}$$

p : Presión, ρ : Densidad,
 C_p , C_v : Capacidades caloríficas del gas

Para un gas ideal con la temperatura absoluta T es

$$(2) \quad \frac{p}{\rho} = \frac{R \cdot T}{M}$$

$$R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{Mol} \cdot \text{K}} : \text{Constante universal de los gases,}$$

M : Masa molar

Entonces, su velocidad del sonido se obtiene por

$$(3) \quad c = \sqrt{\frac{C_p}{C_v} \cdot \frac{R \cdot T}{M}}$$

Para diferencias de temperatura ΔT no muy grandes en comparación con una temperatura de referencia T_0 , la velocidad del sonido depende linealmente de la variación de temperatura ΔT :

$$(4) \quad c = \sqrt{\frac{C_p}{C_v} \cdot \frac{R \cdot T_0}{M}} \cdot \left(1 + \frac{\Delta T}{2 \cdot T_0}\right)$$

Por lo tanto, para el aire seco, como gas ideal, se encuentra frecuentemente la siguiente expresión para la velocidad del sonido

$$(5) \quad c(T) = \left(331,3 + 0,6 \cdot \frac{\Delta T}{\text{K}}\right) \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$T_0 = 273,15 \text{ K} = 0^\circ\text{C}$$

LISTA DE APARATOS

1	Tubo de Kundt E	1017339 (U8498308)
1	Caja de impulsos K	1017341 (U8498281)
1	Sonda de micrófono, larga	1017342 (U8498282)
1	Sonda de micrófono, corta	4008308 (U8498307)
1	Caja de micrófono @230V	1014520 (U8498283-230)
ó		
1	Caja de micrófono @115V	1014521 (U8498283-115)
1	Contador de microsegundos @230V	1017333 (U8498285-230)
ó		
1	Contador de microsegundos @115V	1017334 (U8498285-115)
1	Barra calefactora K	1017340 (U8498280)
2	Cables de AF, BNC / Clavija de 4-mm	1002748 (U11257)
1	Fuente de alimentación CC 0-20 V, 0-5 A @230V	1003312 (U33020-230)
ó		
1	Fuente de alimentación CC 0-20 V, 0-5 A @115V	1003311 (U33020-115)
1	Termómetro de bolsillo, digital y secundario	1002803 (U11853)
1	Sonda de inmersión NiCr-Ni, Tipo K -65 – 550°C	1002804 (U11854)
1	Par de cables de experimentación de seguridad, 75 cm	1002849 (U13812)

Recomendado adicionalmente:

Diferentes gases técnicos

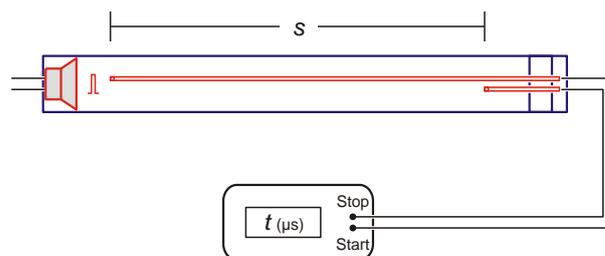


Fig. 2: Representación esquemática del montaje experimental.

MONTAJE

- Se erige el tubo de sonido utilizando los pies soporte (fig. 1).
- Se coloca la tapa de cierre, que lleva los casquillos de conexión para altavoz, en el tubo de sonido.
- Se inserta la barra calefactora K en la tapa de cierre que lleva los casquillos de conexión para la barra calefactora y luego se introduce en el tubo de sonido.

Observación:

Si es necesario, se aplica un poco de glic-erina o jabón en los anillos de empaque, para hacer más fácil la colocación.

- A través de las perforaciones se introducen las sondas de micrófono hasta el tope en la tapa de cierre y en el disco guía.
- Se inmoviliza la escala desplazable con las monturas de los pies soporte.
- Se conecta la caja de impulsos en el par de casquillos para alimentar el altavoz. Se debe tener en cuenta la potencia máxima del altavoz ($U_{\text{eff}} = 6 \text{ V max.}$). Ambas salidas se ajustan en Trigger. La amplificaciones de ambos canales se fijan en intermedia.
- Se conecta la fuente de alimentación de CC en los casquillos de conexión para la barra calefactora.
- La sonda de micrófono larga se conecta en la entrada canal A de la caja de micrófono, respectivamente la sonda de micrófono corta en la entrada canal B.
- La salida canal A se conecta a la entrada Start del contador de microsegundos, por medio de un cable adaptador BNC / 4 mm. (Clavija de 4 mm roja em el casquillo verde, Clavija negra de 4 mm en el casquillo negro de masa).
- La salida canal B se conecta en la entrada Stop del contador de microsegundos. (clavija roja en el casquillo rojo, clavija negra lateralmente en la primera clavija negra).
- Las fuentes de alimentación enchufables se conectan al contador de microsegundos y a la caja micrófono y a continuación se conectan a la red.

Observación:

En experimentos con gases técnicos, se llena el tubo de sonido por medio de las conexiones de manguera, teniendo en cuenta que la orientación de las llaves corresponda a las densidades de los gases.

REALIZACIÓN

Tiempo de recorrido en el aire a temperatura ambiente

- Ayudándose con la escala desplazable se ajusta una distancia de 750 mm entre la sonda de micrófono larga y la corta. Esta distancia corresponde justamente a la distancia de recorrido del sonido. Se anota el valor en la Tab. 1.
- Con la caja de impulsos se produce un impulso de sonido y el tiempo para la propagación del sonido desde la sonda micrófono larga hasta la corta se lee en el contador de microsegundos. Se anota el valor en la Tab. 1.

Observación:

El impulso de sonido se genera por el movimiento brusco de una membrana de altavoz, la cual es mandada por un impulso de tensión empujado. La medición del tiempo de recorrido altamente resuelto se inicia con el contador de microsegundo cuando impulso de sonido alcanza la sonda de micrófono larga y se detiene cuando se llega a la sonda de micrófono corta colocada a una distancia s .

- Sacando sucesivamente la sonda de micrófono larga se ajustan otras distancias, se repite la medición y los valores para la distancia de recorrido y los tiempos correspondientes se anotan cada vez en la Tab. 1.

Tiempo de recorrido del sonido en dependencia con la temperatura

- Se ajusta una distancia fija de $s = 600$ mm entre la sonda de micrófono larga y la corta.
- Se conecta la sonda de inmersión en el termómetro de bolsillo, luego se introduce a través de la perforación en el tubo de sonido y se coloca en el centro del tubo.
- Ayudándose con la barra calefactora, la cual está conectada a la fuente de alimentación, se calienta el aire en el tubo de sonido hasta 50°C .
- Durante el proceso de enfriamiento hasta la temperatura ambiente, se mide el tiempo de recorrido en pasos de p.ej. 5°C , como se describe arriba. Los valores para la temperatura y el tiempo de recorrido se anotan cada vez en la Tab. 2.

Observación:

La temperatura no debe sobrepasar los 50°C .

Durante el proceso de enfriamiento la distribución de la temperatura es bastante homogénea. Por lo tanto es suficiente, medir la temperatura en un único punto del tubo de Kundt.

Por medio de una llave en la manguera se pueden introducir en el tubo de Kundt gases técnicos diferentes al aire.

EJEMPLO DE MEDICION Y EVALUACIÓN

Tab. 1: Distancia de recorrido s y tiempo de recorrido t en el aire a temperatura ambiente.

s / mm	$t / \mu\text{s}$
750	2150
600	1720
450	1295
300	858
150	431

Tab. 2: Tiempo de recorrido t del sonido y velocidad del sonido c en el aire en dependencia con la temperatura T . Camino de recorrido $s = 600$ mm.

$T / ^\circ\text{C}$	$t / \mu\text{s}$	$c / \text{m/s}$
50,0	1668	359,7
45,0	1681	356,9
40,0	1694	354,2
35,0	1707	351,5
30,0	1720	348,8
26,1	1731	346,6
22,4	1742	344,4

Tiempo de recorrido del sonido a temperatura ambiente

- Se anotan en un diagrama los tiempos de recorrido t medidos contra las distancias ajustadas s , y se llevan a un diagrama (Fig. 3).
- Una recta $t = a \cdot s$ se adapta entre los puntos de medida.

La velocidad del sonido corresponde al inverso de la pendiente a de la recta:

$$(6) \quad c = \frac{1}{a} = \frac{1}{2,868} \frac{\text{mm}}{\mu\text{s}} = 348,7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

El valor concuerda muy bien con el valor bibliográfico de $c = 346,4 \text{ m/s}$ para $T = 25^\circ\text{C}$.

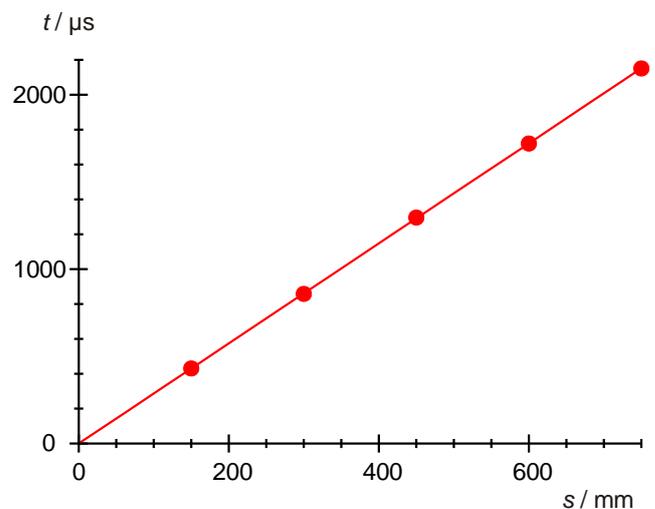


Fig. 3: Tiempo de recorrido t del sonido en el aire en dependencia con la distancia de recorrido s a temperatura ambiente.

Tiempo de recorrido en el aire en dependencia con la temperatura

- La velocidad del sonido para cada temperatura se calcula con el cociente

$$(7) \quad c = \frac{s}{t}$$

de distancia de s recorrido y tiempo de recorrido t (Tab. 2) y los valores se anotan en la Tab. 2.

- Las velocidades del sonido c se anotan en un diagrama contra la temperatura T (Fig. 4).
- La dependencia con la temperatura de la velocidad del sonido se calcula con los parámetros

$$(8) \quad M = 28,97 \frac{\text{g}}{\text{Mol}} \quad \text{y} \quad \frac{C_p}{C_v} = \frac{7}{5}$$

de acuerdo con las ecuaciones (3) y (5) y se anotan los valores en el diagrama $c(T)$, (Fig. 4).

Los puntos de medida se describen muy bien por medio de la ecuación (3) y los parámetros (8). La descripción aproximada por la ecuación (5) muestra, por en contrario, una desviación.

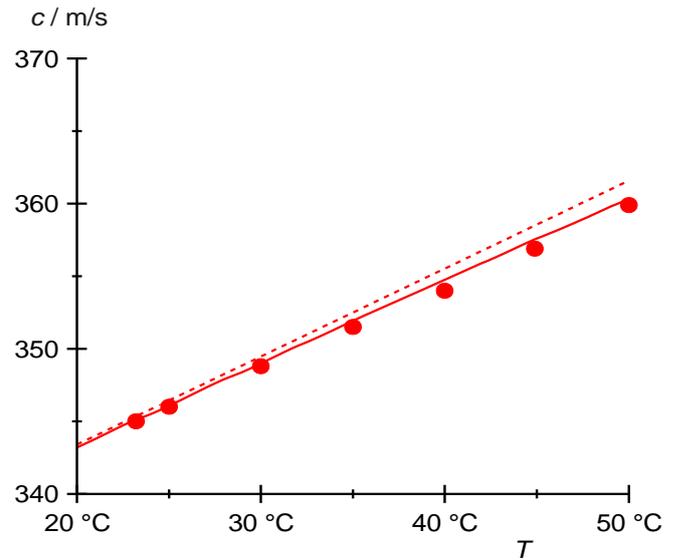


Fig. 4: Velocidad del sonido c en el aire en dependencia con la temperatura T .

línea continua: calculada según la ecuación 3.

línea punteada: calculada según la ecuación 5.