

TAREFAS

- Medição do tempo de percurso  $t$  de um impulso sonoro no ar à temperatura ambiente em dependência da distância  $s$  entre duas sondas microfones.
- Confirmação da relação linear entre  $s$  e  $t$ .
- Medição do tempo de percurso  $t$  de um impulso sonoro no ar à temperatura  $T$  à distância fixa entre duas sondas microfones.
- Determinação da velocidade do som (velocidade de grupo) em dependência da temperatura.
- Comparação com o resultado da derivação de Laplace.



OBJETIVO

Medição dos tempos de percurso de impulsos sonoros em tubo de Kundt

RESUMO

As ondas sonoras se espalham em gases como ondas longitudinais. A velocidade do grupo corresponde à velocidade da fase. Na experiência, o tempo de percurso de um impulso sonoro no tubo de Kundt entre duas sondas microfones é medido e daí é calculada a velocidade do som. Entre a temperatura ambiente e 50°C, a dependência da temperatura da velocidade do som é verificada. O resultado da medição confere com o resultado da derivação de Laplace.

APARELHOS NECESSÁRIOS

Número	Instrumentos	Artigo Nº
1	Tubo de Kundt E	U8498308
1	Caixa de impulso K	U8498281
1	Sonda microfona, longa	U8498282
1	Sonda microfona, curta	U8498307
1	Caixa de microfone (230 V, 50/60 Hz)	U8498283-230 ou
	Caixa de microfone (115 V, 50/60 Hz)	U8498283-115
1	Contador de microssegundos (230 V, 50/60 Hz)	U8498285-230 ou
	Contador de microssegundos (115 V, 50/60 Hz)	U8498285-115
1	Haste de aquecimento K	U8498280
2	Cabo HF, BNC / conector de 4 mm	U11257
1	Fonte de alimentação DC 0 – 20 V, 0 – 5 A (230 V, 50/60 Hz)	U33020-230 ou
	Fonte de alimentação DC 0 – 20 V, 0 – 5 A (115 V, 50/60 Hz)	U33020-115
1	Termômetro de bolso digital de segundos	U11853
1	Sensor de imersão NiCr-Ni tipo K, -65 – 550°C	U11854
1	Par de cabos de segurança para experiências, 75 cm	U13812

Adicionalmente recomendado:

Diferentes gases técnicos

FUNDAMENTOS GERAIS

Ondas sonoras são ondas elásticas em meios deformáveis. Sua velocidade de onda depende das características elásticas do meio. Em gases simples, elas se espalham exclusivamente em ondas longitudinais, a velocidade de grupo corresponde à velocidade de fase.

Em uma derivação segundo Laplace, as ondas sonoras em gases são observadas como alterações adiabáticas de pressão ou densidade. Para a velocidade do som, obtém-se

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

$p$ : Pressão,  $\rho$ : Densidade,  
 $C_p, C_v$ : Capacidades térmicas do gás

Para um gás ideal com a temperatura absoluta  $T$ , vale

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

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

$M$ : Peso molecular

Então, sua velocidade do som é dada por

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

Para diferenças de temperatura  $\Delta T$  não muito grandes em comparação com uma temperatura de referência  $T_0$ , a velocidade do som depende linearmente da alteração da temperatura  $\Delta T$ :

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

Para ar seco como gás ideal, encontra-se, portanto, frequentemente o dado a seguir para a velocidade do som

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

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

Na experiência, o tempo de percurso  $t$  de um impulso sonoro no tubo de Kundt entre duas sondas microfones com a distância  $s$  é medido. O impulso sonoro ocorre por conta de um movimento repentino de uma membrana de alto-falante, que é controlada por um impulso de tensão com flanco íngreme. A medição de alta resolução do tempo de percurso com um contador de microssegundos se inicia quando o impulso sonoro alcançar a primeira sonda microfona e para quando a segunda sonda microfona à distância  $s$  é alcançada.

Com uma haste aquecedora, o ar no tubo de Kundt é aquecido até 50°C para medições de tempo de percurso em dependência da temperatura. No processo de esfriamento, a distribuição da temperatura é suficientemente homogênea. Portanto, é suficiente medir a temperatura em um ponto no tubo de Kundt.

Através de uma entrada de mangueira, também podem ser inseridos outros gases técnicos diferentes de ar no tubo de Kundt.

ANÁLISE

A velocidade do som é calculada a partir do quociente da distância percorrida  $s$  e do tempo de percurso  $t$ :

$$c = \frac{s}{t}$$

Na fig. 2, ela é o valor inverso da inclinação da reta.

A dependência da temperatura da velocidade do som pode ser descrita pela equação 3 com os parâmetros

$$M = 28,97 \frac{g}{Mol} \quad \frac{C_p}{C_v} = \frac{7}{5}$$

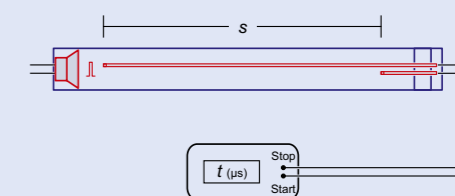


Fig. 1: Representação esquemática da montagem da experiência

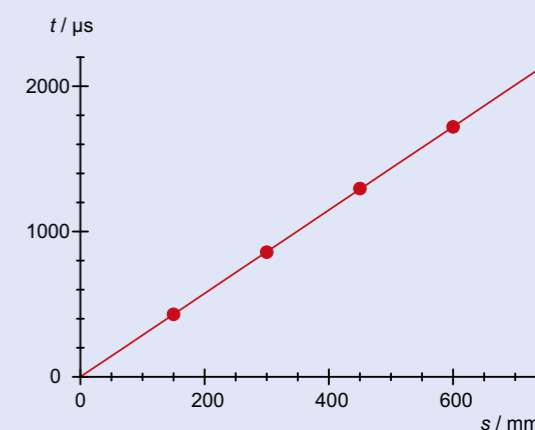


Fig. 2: Tempo de percurso do som  $t$  no ar em dependência da distância de percurso  $s$  à temperatura ambiente

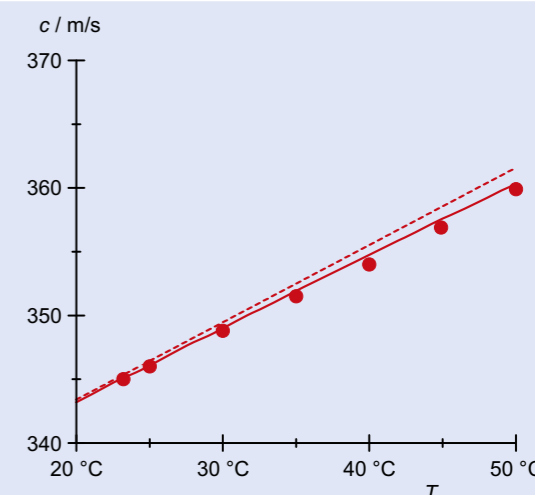


Fig. 3: Velocidade do som  $c$  no ar em dependência da temperatura  $T$   
Linha sólida: calculada conforme equação 3  
linha tracejada: calculada conforme equação 5