

## FUNZIONI

- Misurazione del tempo di propagazione  $t$  di un impulso sonoro nell'aria a temperatura ambiente in funzione della distanza  $s$  tra due sonde microfono.
- Conferma della relazione lineare tra  $s$  e  $t$ .
- Misurazione del tempo di propagazione  $t$  di un impulso sonoro nell'aria in funzione della temperatura  $T$  ad una distanza fissa tra due sonde microfono.
- Determinazione della velocità del suono (velocità di gruppo) in funzione della temperatura.
- Confronto con il risultato della deduzione di Laplace.

## SCOPO

Misurazione dei tempi di propagazione degli impulsi sonori in un tubo di Kundt

## RIASSUNTO

Le onde sonore si diffondono nei gas come onde longitudinali. La velocità di gruppo coincide con la velocità di fase. Nell'esperimento si misura in un tubo di Kundt il tempo di propagazione di un impulso sonoro tra due sonde microfono e si calcola la risultante velocità del suono. Tra la temperatura ambiente e i 50°C si controlla la dipendenza dalla temperatura della velocità del suono. Il risultato della misurazione coincide con il risultato della deduzione di Laplace.

## APPARECCHI NECESSARI

Numero	Apparecchio	Cat. n°
1	Tubo di Kundt E	1017339
1	Scatola impulsi K	1017341
1	Sonda microfono, lunga	1017342
1	Sonda microfono, corta	4008308
1	Scatola microfono (230 V, 50/60 Hz)	1014520 o
	Scatola microfono (115 V, 50/60 Hz)	1014521
1	Contatore di microsecondi (230 V, 50/60 Hz)	1017333 o
	Contatore di microsecondi (115 V, 50/60 Hz)	1017334
1	Barra calda K	1017340
2	Cavo ad alta frequenza, connettore 4 mm / BNC	1002748
1	Alimentatore CC 0 – 20 V, 0 – 5 A (230 V, 50/60 Hz)	1003312 o
	Alimentatore CC 0 – 20 V, 0 – 5 A (115 V, 50/60 Hz)	1003311
1	Termometro tascabile digitale rapido	1002803
1	Sensore a immersione NiCr-Ni Tipo K, -65°C – 550°C	1002804
1	Coppia di cavi di sicurezza per esperimenti, 75 cm	1002849

### Ulteriormente consigliato

altri gas tecnici

1

## BASI GENERALI

Le onde sonore sono onde elastiche in un mezzo deformabile. La loro velocità dipende dalle caratteristiche di elasticità del mezzo. In gas semplici si diffondono esclusivamente come onde longitudinali e la velocità di gruppo coincide con la velocità di fase.

Seguendo una deduzione storicamente attribuita a Laplace, le onde sonore nei gas vengono considerate come variazioni di pressione e/o di densità adiabatiche. Per la velocità del suono si ottiene

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

$p$ : Pressione,  $\rho$ : Densità,  
 $C_p, C_v$ : Capacità termiche del gas

Per un gas ideale a temperatura assoluta  $T$  risulta

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

$R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{Mol} \cdot \text{K}}$  : costante universale dei gas,

$M$ : massa molare

Pertanto, la velocità del suono è data da

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

Per differenze di temperatura non troppo grandi  $\Delta T$  rispetto ad una temperatura di riferimento  $T_0$ , la velocità del suono dipende linearmente dalla variazione di temperatura  $\Delta T$ :

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

Per l'aria secca considerata come gas ideale si trova in letteratura il seguente dato sulla velocità del suono:

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

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

Nell'esperimento si misura in un tubo di Kundt il tempo di propagazione  $t$  di un impulso sonoro tra due sonde microfono con distanza  $s$ . L'impulso sonoro è generato dal movimento brusco di una membrana dell'altoparlante comandato da un impulso di tensione a salita rapida. La misurazione ad alta risoluzione del tempo di propagazione con un contatore di microsecondi inizia quando l'impulso sonoro raggiunge la prima sonda microfono e si arresta quando si raggiunge la seconda sonda microfono alla distanza  $s$ . Con una barra calda, l'aria viene riscaldata nel tubo di Kundt per le misurazioni del tempo di propagazione in funzione della temperatura fino a 50°C. Durante il raffreddamento, la distribuzione della temperatura è sufficientemente omogenea, pertanto è sufficiente misurare la temperatura in un punto del tubo di Kundt.

Tramite un nipplo per tubi è possibile introdurre anche altri gas tecnici nel tubo di Kundt.

## ANALISI

La velocità del suono si calcola dal quoziente del tratto percorso  $s$  e del tempo di propagazione  $t$ :

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

Nella Fig. 2 si osserva il reciproco dell'incremento lineare.

La dipendenza dalla temperatura della velocità del suono viene descritta dall'equazione 3 con i parametri

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

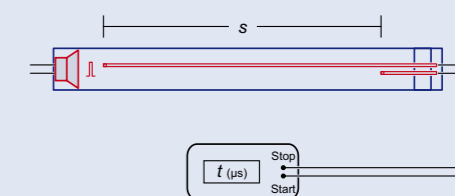


Fig. 1: Rappresentazione schematica della struttura sperimentale

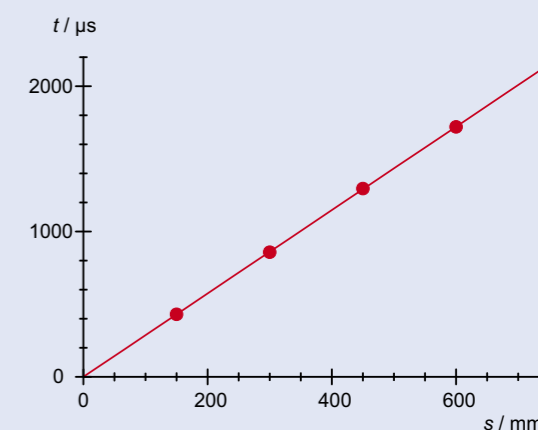


Fig. 2: Tempo di propagazione del suono  $t$  nell'aria in funzione del tratto percorso  $s$  a temperatura ambiente

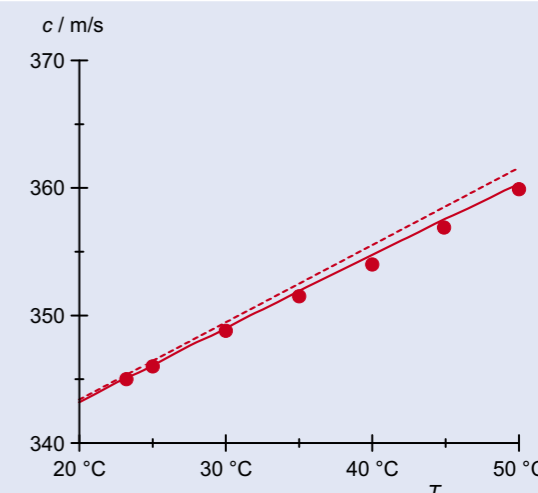


Fig. 3: Velocità del suono  $c$  nell'aria in funzione della temperatura  $T$   
Linea tracciata: secondo equazione 3  
Linea tratteggiata: secondo equazione 5